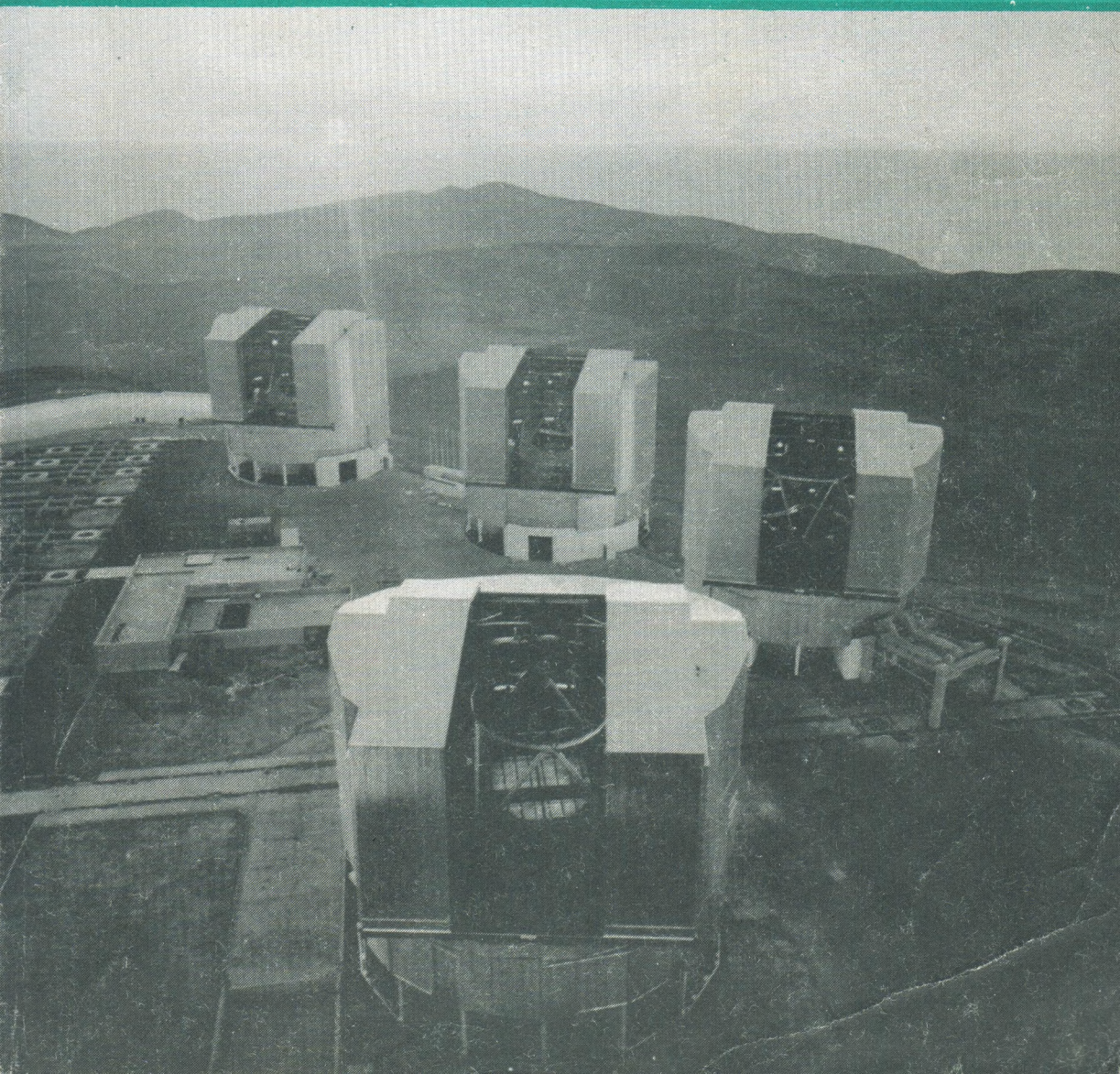


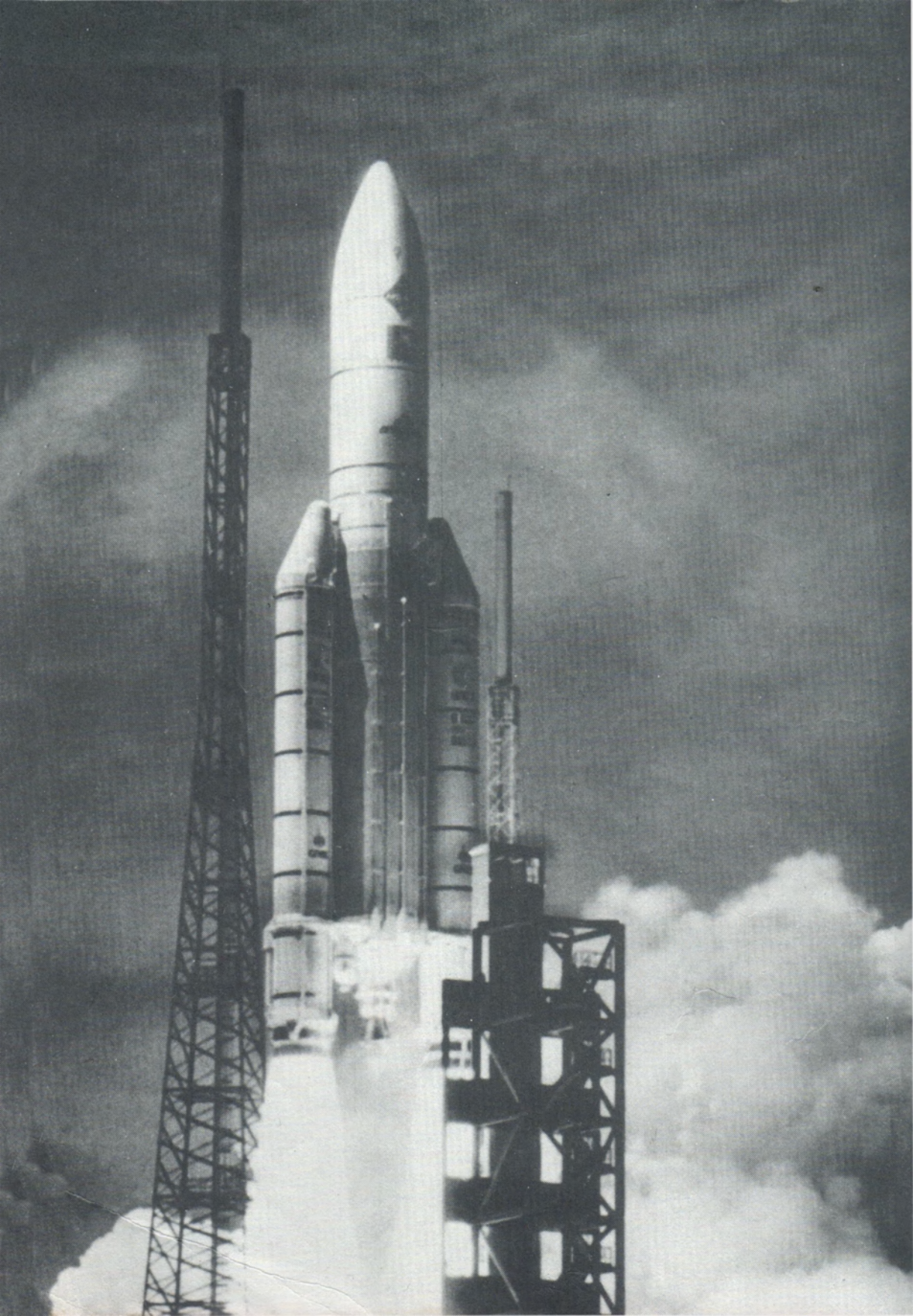
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАЙ-ИЮНЬ 3/2000





Научно-популярный журнал
Российской академии наук
и Астрономо-геодезического
общества
Издается с января
1965 года
Академиздатцентр "Наука"
Москва



Новости науки и другая информация: Всемирная океанографическая сеть [27]; Создание крупнейшей космической компании "Astrium" [34]; Сколько малых тел в Солнечной системе [37]; Минералы на поверхности Европы [42]; Белые карлики в шаровых скоплениях [57]; Солнце в декабре 1999 г. – январе 2000 г. [62]; Межзвездная пыль в Солнечной системе [65]; Взгляд на эпоху формирования галактик [85]; Спутник исследует ледники Антарктиды [90]; Космическая программа "Протей" [93]; Везувий еще напомнит о себе [110]; Вода в метеорите [110]; Газогидраты Мирового океана – причина потепления? [111]

В номере:

- 3 ШУСТОВ Б.М. Галактика: прошлое, настоящее, будущее
9 КЛИМОВ С.И., РОДИН В.Г., ГРИГОРЯН О.Р. Изучение и контроль "космической погоды"

ЭКОЛОГИЯ

- 19 МИХАЙЛОВ В.Н., КОСАРЕВ А.Н., КУРАЕВ А.В. Когда река встречается с морем

ЛЮДИ НАУКИ

- 28 АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ ЧЕРЕПАШУК
30 КАНТЕМИРОВ Б.Н. Михаил Сергеевич Рязанский (к 90-летию со дня рождения)

Памяти Владимира Федоровича УТКИНА

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 35 МИКИША А.М., НОВИКОВА Е.С. Проблемы околоземной астрономии
38 САМУСЬ Н.Н. Конференция, посвященная Б.В. Кукаркину
43 ЧЕПКУНАС Л.С. Встреча экологов и геофизиков

ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ

- 45 ДАГКЕСАМАНСКИЙ Р.Д. Пущинская радиоастрономическая обсерватория

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 58 Небесный календарь: июль–август 2000 г.

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 63 ЗАХАРОВ А.Я. Новый вариант вилочной экваториальной установки

- 66 ЗАВЕНЯГИН Ю.А. Рациональная схема любительского телескопа

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 70 КАЗНЕВ В.Ю. Бolidи и экстремальные явления природы

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 78 ГАВРИЛОВ М.Г. VI Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике

ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

- 86 ПОГОСЯНЦ А.Ю. Космос на рисунках юных художников

ПОГОДА ЗЕМЛИ

- 89 ИВАНИДЗЕ Т.Г. Рождественский ураган над Западной Европой
КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 91 МЕЩЕРЯКОВ И.В. Организации ракетно-космической отрасли России
ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 94 ГЕРАСЮТИН С.А. Таблица запусков космических аппаратов в 1998 г.



© Академиздатцентр "Наука"
Российская академия наук
журнал "Земля и Вселенная" № 3, 2000 г.

Zemlya i Vseennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Вид с воздуха на вершину горы Параналь в Чили, где находится Очень Большой Телескоп Европейской Южной Обсерватории. Четыре башни предназначены для размещения четырех 8,2-м зеркал этого телескопа. Два из них, ANTU и KUEYEN (дальние башни), уже действуют, третье, MELIPAL (правая башня), дало "первый свет" 26 января 2000 г., полировка последнего, YEPUN, закончена в декабре 1999 г. на заводе во Франции (ESO Press Photo 43a/99)

На стр. 2 обложки: Запуск 21 октября 1998 г. европейской ракеты-носителя тяжелого класса "Ariane-5" с космодрома Куру. Первый испытательный полет спускаемого аппарата "ARD" (ESA) для перспективных проектов грузовых и пилотируемых кораблей (к ст. С.А. Герасютина)

На стр. 3 обложки: Дельта Нила, вид которой изменился после строительства плотины в Ассуане. Снимок из космоса (к ст. Михайлова и др.)

На стр. 4 обложки: Миллиметровый прецизионный радиотелескоп РТ-22 Пушчинской радиоастрономической обсерватории ФИАН (к ст. Р.Д. Дагкесаманского)

In this issue:

- 3 SHUSTOV B.M. Galaxy: past, present, future
- 9 KLIMOV S.I., RODIN V.G., GRIGORYAN O.R. Studying and control of "space weather"

ECOLOGY

- 19 MIKHAILOV V.N., KOSAREV A.N., KURAEV A.V. When the river meets the sea

PEOPLE OF SCIENCE

- 28 Anatoly Mihailovitch Cherepashchuck (60 years of the birth)
- 30 KANTEMIROV B.N. Mikhail Sergeevich Riazansky (90 years of the birth)
- 33 To the memory of Vladimir Feydorovitch UTKIN

SYMPOSIUMS, CONFERENCES, CONGRESSES

- 35 MIKISHA A.M., NOVIKOVA E.S. Problems of roundearth astronomy
- 38 SAMUS' N.N. Conference devoted to B.V. KUKARKIN
- 43 TCHEPKUNAS L.S. Meeting of ecologists and geophysics

OBSERVATORIES, INSTITUTES

- 45 DAGKESAMANSKY R.D. Radioastronomical observatory in Pushchino

AMATEUR ASTRONOMY

- 58 Sky calendar: July–August 2000

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 63 ZAKHAROV A.Ya. New variant of plug equator mounting
- 66 ZAVENIAGIN Yu.A. Rational scheme of amateur telescope

HYPOTHESES, DISCUSSION, SUGGESTIONS

- 70 KAZNEV V.Yu. Bolides and extremal natural phenomena

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 78 GAVRILOV M.G. VI Russian olympiad of astronomy and space physics high school students

ON EXHIBITIONS AND MUSEUMS

- 86 POGOSIANTZ A.Yu. Space on pictures of young artists

THE WEATHER OF EARTH

- 89 IVANIDZE T.G. Christmas hurricane above the Western Europe

THE BOOKS ABOUT EARTH AND SKY

- 91 MESHCHERIAKOV I.V. Institutes of space and rocket branch in Russia

DOSSIER OF CURIOUS

- 94 GERASIUTIN S.A. Table of starts of space vehicles in 1998

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН

доктор психол. наук Ю.Н. ГЛАЗКОВ,

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук И.А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО, доктор физ.-мат. наук И.Н. МИНИН, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ, доктор физ.-мат. наук Г.Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ, доктор физ.-мат. наук Г.М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Галактика: прошлое, настоящее, будущее

Б.М. ШУСТОВ,
доктор физико-математических наук
Институт астрономии РАН

Эволюцию Галактики сейчас можно проследить с начала этапа ее формирования ($\approx 10^8$ лет) до тех пор, пока, примерно через 10^{13} лет, она превратится в “кладбище” холодных звездных остатков.

Астрономия, как и физика, химия, биология и т.д., давно стала меганаукой. Если попытаемся выяснить у астрономов различную специализации главную цель астрономической науки, то скорее всего получим довольно разные ответы. И все-таки их смысл ясен: **“Исследование происхождения и эволюции Вселенной составляет стратегическую задачу науки о космосе”**. Справедливо также и то, что главная часть этой задачи – изучение свойств и истории развития Солнца, Солнечной системы и нашей Галактики. Эти исследования теснейшим обра-

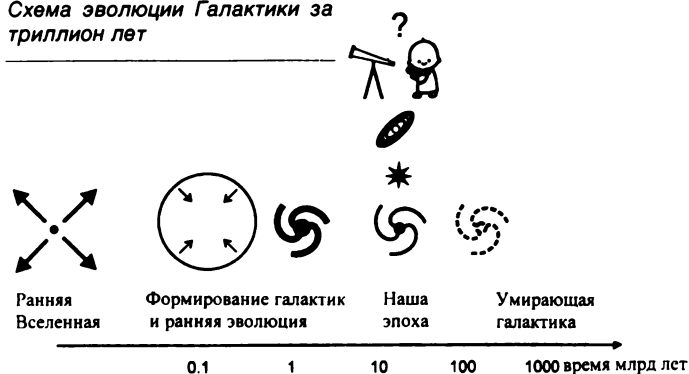


зом связаны с важнейшими для человечества вопросами происхождения и развития жизни. В частности, в последние годы весьма серьезно обсуждается роль космических факторов, угрожающих существованию цивилизации и даже самой жизни на Земле. (См., например, недавно вышедшую книгу “Угроза с неба: рок или случайность”, написанную коллективом авторов из Института астрономии РАН (Земля и Вселенная, 2000, № 2).

Конечно, в рассматриваемом аспекте и Солнце, и небесные тела, входящие в Солнечную систему, для жителей Земли более “важны”, чем Галактика. Но по мере проникновения в природу сложных взаимосвязей различных форм материи и процессов в нашей звездной системе приходит понимание, что, например, изменения физических и химических параметров и самого Солнца, и межзвездного вещества в окрестностях Солнца зависят от хода галактической эволюции. Вот лишь несколько вопросов на эту тему:

– почему у Солнца и других мало проэволюционировавших звезд (т.е. звезд, у которых химический состав в процессе эволюции изменился несущественно) столь велико различие в содержании тяжелых элементов?

– как связаны свойства Солнечной системы и



самого Солнца с его положением вблизи коротационного радиуса Галактики (на этом расстоянии скорости вращения Галактики и ее спирального узора совпадают)?

— связаны ли (и в какой степени) геологические эпохи с процессами взаимодействия Солнца и Солнечной системы с объектами, населяющими галактический диск?

Мы не останавливаемся на астрономических аспектах распространенности жизни в Галактике. Отметим лишь, что быстрое увеличение в последние годы числа открываемых планет, часть из которых, возможно, пригодна для жизни, может стать одной из предпосылок концепции развития человеческой цивилизации (Земля и Вселенная, 1999, № 6).

В этой статье описана эволюция нашей Галактики от самых ранних фаз до очень далекого будущего, когда она уже перестанет быть обособленным звездным островом Вселенной. До сих пор методами точной науки (в данном случае астрофизики) рассматривалась,

как правило, лишь предыдущая эволюция Вселенной. Количество научных работ, посвященных предыстории Галактики, огромно. Накоплен ценный материал и, конечно, многое из него отражено в научно-популярных изданиях. Особое внимание мы уделим астрофизическому будущему. Поскольку на эту тему работ мало и они начали появляться лишь в последние годы, мы будем, в основном, опираться на результаты недавних исследований, проведенных мной в Институте астрономии РАН совместно с профессором А.В. Тутуковым и кандидатом физико-математических наук Д.З. Вибе.

Итак, путешествуя во времени, проследим основные этапы жизни нашей звездной системы. Недавние измерения функции светимости галактик в скоплениях показывают, что в галактиках, подобных Млечному Пути, содержится большая часть **светящегося вещества Вселенной**. Это дает основания полагать, что предсказания, сделанные для нашей Га-

лактики, можно отнести ко всем "нормальным" галактикам и даже к большей части светящегося вещества во Вселенной.

КАК ДОЛГО ГАЛАКТИКА БУДЕТ ГАЛАКТИКОЙ?

Галактика в известной степени напоминает биологическое сообщество (например, большой лес), в котором отдельные особи живут относительно недолго по сравнению со временем жизни всего сообщества. Среди них есть долгожители и эфемерные создания. Отдельные особи рождаются, взрослеют, умирают, но при этом важнейшие основные признаки сообщества сохраняются. Подобно тому, как лес тысячелетия остается лесом, хотя в нем уже неоднократно прошел процесс эволюционной замены всех растений, Галактика еще долго будет выглядеть так, как она выглядит теперь, и при этом кругооборот вещества по схеме звезды-газ-звезда будет длиться еще много циклов.

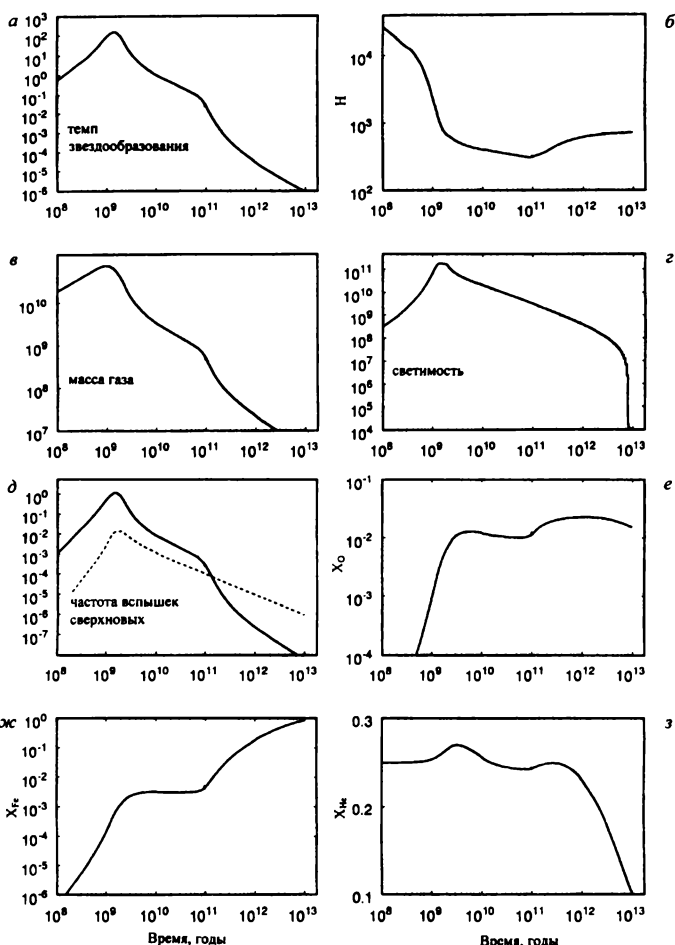
Глобальные параметры Галактики — полная масса, масса газа, радиус, светимость, возраст, толщина газового диска — известны нам с небольшой степенью точности по простой причине — никому еще не удалось взглянуть на Галактику со стороны. Для этих величин можно указать лишь приближенные значения. Они, тем не менее, должны учитываться при моделировании Млечного Пути как гарантия того, что мо-

Изменения параметров Галактики со временем (на всех графиках по горизонтальной оси отложено время в годах): а) темп звездообразования (на вертикальной оси – суммарная масса молодых звезд в единицах массы Солнца, рожденных в течение одного года); б) толщина газового диска в парсеках; в) масса газа; г) светимость Галактики в единицах светимости Солнца; д) темп вспышек сверхновых (сплошная линия – сверхновые II типа, пунктирная – сверхновые I типа); е) относительное содержание кислорода в газе; ж) относительное содержание железа в газе; з) относительное содержание гелия в газе

дель, может быть идеально описывающая частные детали строения Галактики, не уходит далеко от истины и в общих характеристиках. Их примерные значения перечислены в таблице.

Наблюдения объектов на больших красных смещениях свидетельствуют в пользу открытости и бесконечного расширения Вселенной. Следовательно, при рассмотрении грядущей эволюции Галактики мы ограничены сверху лишь временем, когда фундаментальные физические процессы (например, распад протонов и электронов) существенно изменяют саму структуру материи. Но для Галактики эта шкала ($\sim 10^{33}$ лет) слишком длинна, и ее параметры изменятся кардинальным образом гораздо раньше.

Наиболее важные временные шкалы, характеризующие свойства Галактики, – **шкала глобальных структурных изме-**



Основные параметры Галактики

Масса	2×10^{11} масс Солнца
Радиус	15–20 кпк
Относительная масса газа	5–15%
Светимость	$(2-4) \times 10^{10}$ светимостей Солнца
Толщина газового диска	300–400 пк
Скорость звездообразования	1–10 масс Солнца в год
Темп вспышек сверхновых типа I	0,003 события в год
Темп вспышек сверхновых типа II	0,01–0,05 события в год
Массовая доля тяжелых элементов	0,02

нений и шкала энерговыделения – существенно превышают возраст Галактики, оцениваемый в ~ 10 млрд лет.

Шкала энерговыделения определяется процессами протекания ядерных реакций в недрах наиболее многочисленных и долгоживущих маломассивных звезд. Оценить эту шкалу τ_* можно, зная массу M_* звезды:

$$\tau_* = 10^{10} / M_*^3,$$

где время τ_* выражено в годах, а масса M_* – в долях массы Солнца ($M_\odot$). Это следует из расчетов эволюции красных карликов, т.е. наиболее долгоживущих звезд. Считая, что минимальная масса звезды, при которой в ней все еще возможны термоядерные реакции, $M_{\text{low}} = 0,07 M_\odot$, получаем $\tau_* \sim 2 \cdot 10^{13}$ лет. Этим временем задана полная продолжительность звездного этапа в жизни Галактики, во время которого происходят изменения в составе и свойствах ее населений. По его завершении Галактика состоит уже только из остывших компактных звездных остатков: белых (точнее, к этому времени уже черных) карликов, нейтронных звезд и черных дыр.

Крупномасштабная структура Галактики в рассматриваемый промежуток времени практически не меняется. Верхний предел ее жизни определяется законами **звездной динамики**. Уже более 50 лет назад известнейшим астрофизиком С. Чан-

драсекаром (в его честь названа космическая обсерватория “Чандра”, запущенная в 1999 г. для исследований в области астрофизики высоких энергий) и позднее К.Ф. Огородниковым было доказано, что изолированная система гравитирующих частиц (звезд) с такими же параметрами, как у нашей Галактики, динамически релаксирует (в нашем случае это означает существенное изменение структуры) за время, большее 10^{15} лет. Учет взаимодействия звезд с облаками межзвездного газа может сократить его. В современной Галактике структура звездного диска в значительной степени определяется именно этим, относительно эффективным процессом. Однако позже плотность газового компонента уменьшается, и роль облаков перестает быть столь важной. Поэтому считается, что общая структура звездного диска не претерпит существенных изменений как минимум 10^{13} - 10^{14} лет. Затем тесные сближения звезд (точнее их остатков) “разделят” систему на обширное гало и плотное внутреннее ядро, возможно, содержащее сверхмассивную черную дыру.

Эти оценки получены для изолированной звездной системы. Однако наша Галактика в составе **Местной группы** галактик взаимодействует с другими ее членами. П. Пиблс, проанализировав их орбиты, пришел к выводу, что наша Галактика и Туманность Андромеды сближа-

ются. При современном расстоянии между ними ~0,75 Мпс и лучевой скорости ~ 120 км × с⁻¹ галактики через 6 млрд лет сблизятся на 20-400 кпс. Даже если при первом сближении прямого столкновения и не произойдет, рано или поздно динамическое трение приблизит их друг к другу, а через 10^{11} - 10^{12} лет вся Местная группа сольется в одну гигантскую звездную систему. Впрочем, ее масса не будет существенно отличаться от массы Млечного Пути, поскольку наша Галактика и М31 доминируют в Местной группе.

В этой статье мы анализируем историю Галактики с ранней фазы (~ 10^8 лет) до окончания “традиционной” звездной эволюции (~10 трлн лет), пренебрегая ее взаимодействием с другими членами Местной группы.

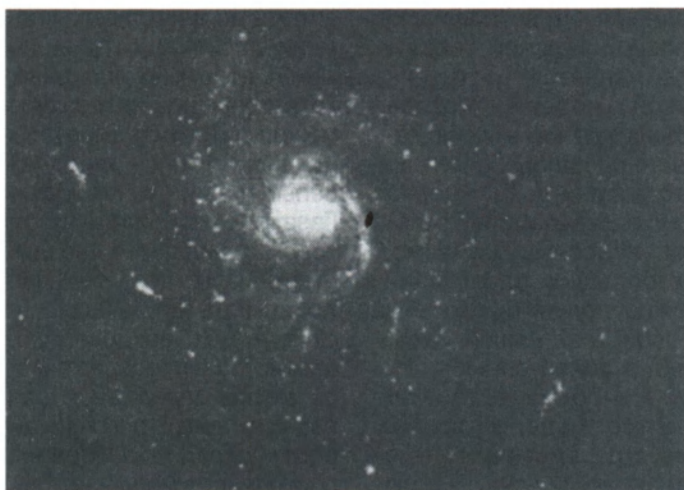
ОТ ПРОШЛОГО К НАСТОЯЩЕМУ

Галактика как обособленная звездная система – результат динамической, тепловой и химической эволюции огромного горячего протогалактического облака. На такие облака фрагментировало вещество Вселенной на очень ранних стадиях ее эволюции.

Первый этап истории Галактики – эпоха массового звездообразования, т.е. период, в течение которого основная масса газа из протогалактического облака превратилась в звезды. Обычно предполагается, что звездообразование в Галактике шло с

практически неизменной скоростью, отличающейся от современного значения $\sim 3\text{--}5\text{ M}_\odot\text{ год}^{-1}$ лишь в несколько раз. Например, в типичной модели, построенной итальянскими астрономами Ч. Парди и Ф. Феррини по результатам исследования эволюции звезд в окрестностях Солнца, получено отношение современного темпа звездообразования к усредненному за все время жизни Галактики – 0,2. Максимальная скорость звездообразования (СЗО) в этой модели будет достигнута через 1 млрд лет после образования Галактики.

До недавнего времени казалось, что это предположение согласуется с наблюдательными данными. Однако небольшие значения максимальной скорости звездообразования в прошлом Вселенной вступили в противоречие с недавними наблюдениями галактик на больших красных смещениях z в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах. Согласно этим данным, для $z > 5$ существует множество галактик с высокими скоростями звездообразования, больше $100\text{ M}_\odot\text{ год}^{-1}$. Учитывая многочисленность подобных источников, естественно заключить, что они представляют собой обычные галактики на ранних стадиях эволю-



ции, а не какие-то экзотические объекты.

Опираясь на данные наблюдений этих первых галактик, можно сделать вывод, что все они прошли через непродолжительную эпоху вспышки звездообразования, длительность которой не превышала 1 млрд лет. О краткости ее свидетельствует химический состав старых объектов Галактики. Повышенное содержание в них кислорода по отношению к железу обычно интерпретируется как свидетельство, что их эволюция шла в более короткой шкале времени, чем время жизни предсверхновых типа Ia (основных производителей железа), т.е. менее $\sim 5\cdot 10^8$ лет. Эта величина близка и к времени свободного падения для протогалактического облака. Таким образом, можно выделить "первое" эволюционное время Галактики (порядка 1 млрд лет) – эпоху ее формирования и первичного звездообразования.

Эволюция сформировавшейся Галактики описывается с помощью неко-

торой модели, которая, как и многие другие ей подобные, построена на дифференциальных уравнениях, выражающих законы сохранения массы компонентов Галактики (газа, звезд), массы отдельных химических элементов и энергии. Модель должна учитывать многие факторы: звезды, газ и пыль в межзвездном пространстве, крупномасштабные галактические структуры и прежде всего дисковую структуру; необходимо принять во внимание такие процессы, как звездообразование, звездная эволюция, потеря массы звездами и обогащение межзвездного вещества химическими элементами – продуктами звездной эволюции, фазовые переходы в межзвездной среде, тепловые и ионизационные процессы и перенос излучения в ней, динамические процессы, определяющие эволюцию крупномасштабных галактических структур, и т.д. Очевидно, что модели галактической эволюции аккумулируют все основные знания, на-

копленные в астрофизике. Главной задачей теоретиков является построение такой модели, которая объяснила бы многие данные о прошлом Галактики. Это вполне возможно, т.к. при наблюдениях галактик, подобных изучаемой, на больших расстояниях можно получить сведения о свойствах нашей Галактики в более раннюю эпоху. Наиболее естественный тест модели – сравнение с параметрами нашей Галактики в данную эпоху. Отметим, что, хотя моделей создано много, пока еще ни одна из них не может объяснить все наблюдательные факты. Тем более сложно судить о верности результатов, полученных экстраполяционным способом. Однако **теория эволюции звезд** – главный элемент модели – построена к настоящему времени с высокой степенью надежности, и это вселяет уверенность в достоверности экстраполяции.

Мы можем проследить изменение основных параметров Галактики – массы газа, толщины газового диска, скорости звездообразования, светимости, темпа вспышек сверхновых и содержания в газе различных химических элементов, в т.ч. гелия, кислорода и железа. Хорошо выделяется фаза ранней эволюции (до ~ 1 млрд лет). Дальнейшая глобальная эволюция Галактики

вплоть до настоящего времени протекала, по-видимому, довольно спокойно, хотя в научной литературе можно встретить гипотезы о нескольких эпизодах вспышечной активности. Газ, т.е. материала, из которого рождаются звезды, становится все меньше. Хотя часть его возвращается в межзвездное пространство в процессе потери массы звездами и при взрывах звезд, все же скорость звездообразования постепенно уменьшается.

БУДУЩЕЕ ГАЛАКТИКИ

Будущее, мало отличающееся от настоящего, обеспечено Галактике еще “десять раз по столько”. По прошествии примерно 10^{11} лет эпоха “ничего не меняется” закончится и ход галактической эволюции изменится. Содержание газа, а следовательно, и скорость звездообразования начнут быстро уменьшаться. Это связано с тем, что в финальную стадию эволюции входят звезды с массой около $0,4 M_{\odot}$, большинство которых образовалось еще в раннюю эпоху. Именно такие и более массивные звезды – основные поставщики газа, материала, из которого образуются новые поколения звезд. Менее массивные звезды живут дольше, они продолжают светить. Поскольку их гораздо больше, чем массивных звезд, интегральная све-

тимость Галактики пока еще “ничего не чувствует”. Маломассивные звезды не способны пополнять межзвездную среду газом в сколько-нибудь заметных количествах, и с завершением их эволюции закончится звездная эпоха эволюции Галактики. Это произойдет примерно через 10^{13} лет после формирования Галактики.

В течение этой, самой длительной стадии эволюции Галактика тускнеет, краснеет, и только отдельные вспышки сверхновых и еще более редкие вспышки при столкновениях звезд в центральных областях Галактики как-то разнообразят картину умирания. Интересно, что химический состав межзвездного газа на этой стадии может быть весьма необычным: газ состоит в основном из железа, однако плотность его в десятки тысяч раз меньше, чем наблюдается сейчас.

Итак, через 10 трлн лет Галактика погрузится почти в полную темноту. Это будет уже не звездный остров, а кладбище холодных звездных остатков. Не правда ли, унылая картина? А пока Галактика – одно из самых удивительных и красивых образований во Вселенной (как мы можем догадываться, разглядывая фотографии подобных звездных систем).

Изучение и контроль “космической погоды”

С.И. КЛИМОВ,
доктор физико-математических наук

В.Г. РОДИН
Институт космических исследований РАН

О.Р. ГРИГОРЯН,
кандидат физико-математических наук
Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ



На фотографии (слева направо) В.Г. Родин, С.И. Климов, О.Р. Григорян

В отличие от газовой нижней атмосферы, процессы в ионосфере определяет разреженная плазма, находящаяся в магнитном поле Земли. На состояние “космической погоды” оказывают влияние потоки солнечного ветра и антропогенные воздейст-

вия. При полете на околоземных орбитах космические аппараты взаимодействуют с заряженными частицами и электромагнитными полями, вызывая разнообразные возмущения окружающей среды и действуя на их бортовые системы и научную аппа-

ратуру. Космические аппараты также становятся источниками загрязнения околоземного пространства. В настоящее время проводят эксперименты по изучению “космической погоды” и глобальный экологический электромагнитный мониторинг.



ЧТО ТАКОЕ "КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА"?

Развитие техники и технологий, как правило, открывает новые этапы в фундаментальных научных исследованиях. Яркий пример – запуск первого ИСЗ, созданного на базе технических и технологических достижений тех лет. Уже на третьем спутнике стали проводиться и в настоящее время продолжают фундаментальные космические исследования. Изучены, в частности, процессы передачи энергии в системе **Солнце – солнечный ветер – магнитосфера – ионосфера – атмосфера**. Как правило, при взаимодействии неоднородных потоков солнечного ветра

с магнитосферой внутрь ее поступает энергия, эквивалентная взрыву нескольких атомных бомб. Трансформируясь в магнитосфере и ионосфере, она приводит к возмущению магнитного поля Земли, т.е. к магнитным бурям. Эти бури, сопровождающиеся флуктуациями электрических и магнитных полей на поверхности Земли, оказывают влияние на организм человека, т.к. их частоты близки к биоритмам человека. Особенно чувствительны к магнитным бурям люди с заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

Благодаря достижениям в космических исследованиях стал понятен ряд физических процессов, влияющих на состоя-

Факторы воздействия "космической погоды" на технологические системы

ние окружающей человека среды и в широком смысле определяющих "космическую погоду". Термин **"космическая погода"** официально был принят в США в рамках "Национальной программы космической погоды" (1994 г.). Понятие "космическая погода" связано с состоянием околоземного космического пространства, Солнца, условиями в солнечном ветре, магнитосфере, ионосфере и термосфере. Передача солнечной энергии на Землю происходит через корпускулярное и электромагнитное излучения и

потоки плазмы. Физическими параметрами “космической погоды” являются: температура и концентрация компонент низкоэнергичной плазмы (ионы, электроны и нейтральные частицы); магнитные, электрические поля и токи; энергетические спектры заряженных частиц и спектральный состав электромагнитных излучений.

Энергетические процессы в космосе (наглядно изображенные на картинке-заставке международной конференции “Космические бури и риски, связанные с “космической погодой”, июнь 2000 г., Греция) оказывают влияние на работу космических аппаратов и наземных технологических систем, подвергают опасности человеческую жизнь, могут влиять на социально-экономическую жизнь общества.

Проблема прогноза “космической погоды” в последнее время стала актуальной из-за необходимости профилактики стрессовых ситуаций в работе летчиков, космонавтов, операторов, водителей общественного транспорта. У космонавтов, совершавших краткосрочные или длительные экспедиции на орбитальной станции “Мир”, при посадке во время магнитных возмущений, был выявлен дополнительный адаптационный десинхронизм, выражающийся в нарушении ритма сердца и напряжении сосудистого тонуса. Подобное состояние, вызывае-

мое магнитными бурями, наблюдается и у людей с серьезными патологиями сердечно-сосудистой системы (например, перенесших инфаркт). Поэтому отделения реанимации кардиологических клиник также нуждаются в прогнозе “космической погоды”. Далее мы рассмотрим только технологические аспекты “космической погоды”.

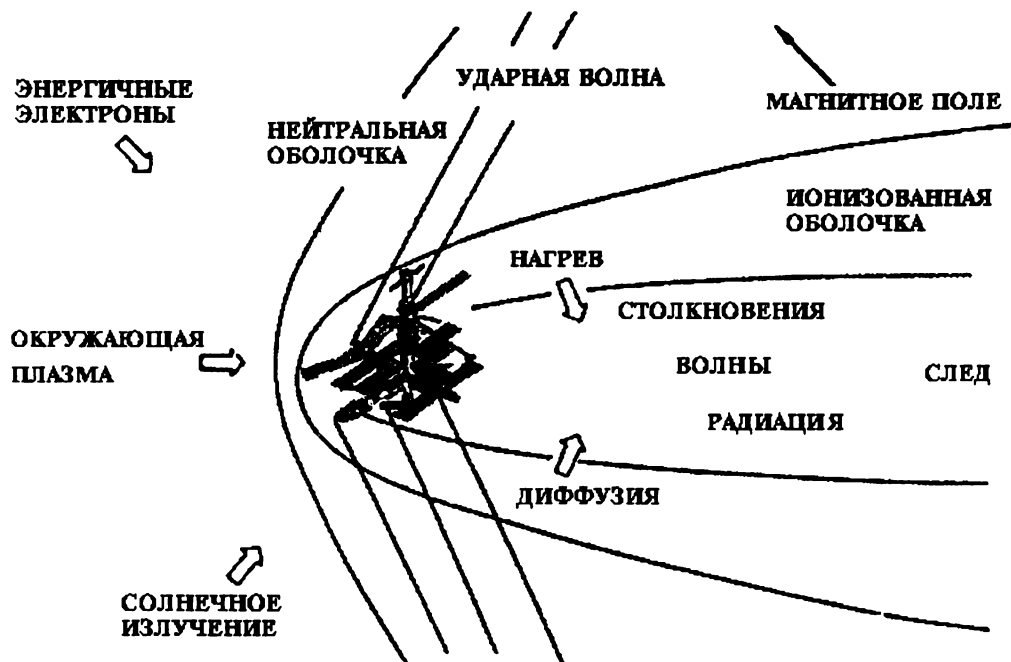
Плазменные процессы – составная часть “космической погоды”. Такой подход основан на одной из важнейших современных физических идей – взгляд на плазму, в том числе плазму в космическом пространстве, как на динамическую среду с заряженными частицами, включая протоны от солнечных вспышек, и широким спектром плазменных волновых движений и неоднородностей. Плазменные процессы сопровождаются электромагнитными излучениями в низкочастотном диапазоне (менее 10 МГц), что является их отличительной особенностью.

Для изучения и прогнозирования “космической погоды” необходимы постоянные глобальные наблюдения. В частности, экологический низкочастотный **электромагнитный мониторинг** в околоземном космосе поможет измерить некоторые параметры “космической погоды”. Задачи мониторинга заключаются в проведении с помощью космических аппаратов исследований электромагнитных процессов:

- роли механизмов генерации и энергетики электромагнитных излучений данного диапазона частот в процессах передачи и трансформации энергии солнечного ветра в ионосфере и атмосфере Земли;
- антропогенного электромагнитного воздействия на ионосферу и магнитосферу;
- медико-биологических проблем воздействия естественных и антропогенных электромагнитных полей;
- корреляции регистрируемых на КА излучений с экстремальными явлениями и процессами на поверхности и в глубинах Земли (тайфуны, землетрясения, мощные взрывы, энергетические катастрофы и т.д.).

ИОНОСФЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ

Космические аппараты на низких околоземных орбитах подвергаются воздействию различных эффектов и производят значительные возмущения в окружающей ионосфере, состоящей из плазмы и нейтральных частиц. Важной проблемой для изучения стали **эффекты взаимодействия сверхбольших космических аппаратов** (СБКА, например, орбитальный комплекс “Мир”), с окружающей ионосферой: вызванные сверхзвуковым движением КА относительно ионосферных ионов в плазме; обусловленные облучением КА потоками электронов вы-



соких энергий; связанные с солнечной ультрафиолетовой радиацией; обусловленные загрязнением пространства вокруг КА как нейтральными, так и заряженными частицами; ведущие к электромагнитным излучениям, генерируемым плазменной неустойчивостью при взаимодействии окружающей КА плазмы с заряженными частицами.

Длительность эксплуатации СБКА – ОК "Мир" и Международной космической станции (МКС) позволяет использовать орбитальные комплексы для изучения и прогнозирования "космической погоды". Эти сложные технические комплексы загрязняют окружающую среду, т.е. искажают параметры "космической погоды". Поэтому необходимо проанализировать, сколь значи-

тельны искажения в ионосфере. Задача исследований – разделить естественные параметры "космической погоды", связанные с процессами воздействия солнечного ветра и протонов солнечных вспышек с магнитосферой, и техногенных воздействий, вызванных процессами взаимодействия КА с ионосферой. Накопление на внешней поверхности КА электрических зарядов – самый значительный фактор, изменяющий параметры ионосферы и способный нарушить работоспособность КА.

Электрический потенциал помещенного в плазму КА зависит от физико-химических характеристик его наружной поверхности, параметров окружающей плазмы и потоков широкого спектра электромагнитных излучений от ультра-

Взаимодействие сверхбольших космических аппаратов с окружающей ионосферой

фиолета до рентгена. Можно проследить изменение электрических и магнитных полей около поверхности КА в орбитальном полете в зависимости от параметров орбиты и характеристик окружающей среды. Изменение характеристик ионосферы связано со степенью внешних геофизических возмущений и их природы. До настоящего времени измерения параметров окружающей плазмы проводились на ОК "Мир". В ряде случаев электромагнитные поля достигают экстремальных значений, при которых отдельные приборы и системы КА выходят из строя. Измерения окружающей среды необходимо продол-

жить и на МКС, потому что на ней нельзя создать сплошную электрически проводящую внешнюю поверхность, обеспечивающую защиту от накопления на ней электрических зарядов.

Поверхность СБКА – **источник загрязнения** окружающего его пространства. Атмосферные газы, абсорбированные поверхностью при изготовлении КА на Земле, испаряются в космическом пространстве вследствие высокого вакуума и нагрева конструкции солнечной энергией. Сброс воды из системы жизнеобеспечения и газов из двигателей во время маневров на орбите создает искусственную атмосферу вокруг СБКА в радиусе до 300 м. Так как длина свободного пробега атома кислорода (основного элемента ионосферы) составляет в вакууме несколько метров, то при полете КА на околоземной орбите возникают носовые **ударные волны**, подобные ударным волнам у сверхзвуковых самолетов. Ударная волна способствует распределению нейтральных и заряженных частиц вокруг КА. До настоящего времени нет полной картины обтекания плазмой движущегося со сверхзвуковой скоростью КА в магнитном поле Земли. Особый интерес представляет распределение частиц и зарядов в хвостовой области (следе). Если КА находится в областях магнитосферы, где есть большие потоки энергичных электронов, то на участках орбиты в тени Земли мо-

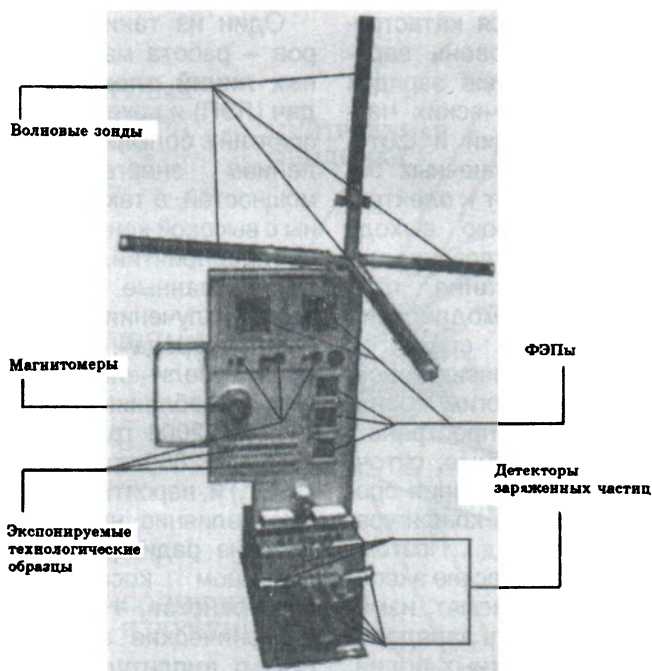
жет накопиться катастрофический уровень зарядов. Увеличение зарядов на диэлектрических частях конструкций и фотоэлементах солнечных батарей приводит к электрическому пробое, выходу из строя оборудования.

Моделирование процессов взаимодействия окружающей среды с СБКА практически невозможно по многим причинам (большие пространственные, сезонные, суточные и др. изменения среды; сложность конфигурации СБКА и т.д.). Поэтому только космические эксперименты позволяют измерить плотность зарядов и электромагнитных полей, определяющих **электромагнитную обстановку** (ЭМО) на поверхности и вокруг СБКА. Эти эксперименты необходимо проводить в течение всего срока его функционирования для регистрации ЭМО в различных режимах работы и ориентации КА, геофизических условиях и циклах солнечной активности.

АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ИОНОСФЕРЫ

Авторы статьи подготовили и реализовали космические эксперименты, связанные с поисками антропогенного электромагнитного загрязнения ионосферы. Эксперименты на КА помогут поиску возможных факторов электромагнитного загрязнения ионосферы, определяющих “космическую погоду” и связанных с антропогенным воздействием.

Один из таких факторов – работа магистральных **линий электропередач** (ЛЭП) и крупных предприятий с большим потреблением энергетических мощностей, а также регионы с высокой концентрацией предприятий. Эффекты, вызванные “паразитными” излучениями линий электропередач, усиливаются с увеличением мирового потребления электроэнергии (2000 трлн ватт в 1955 г., 12000 трлн ватт в 1992 г.) и, вероятно, оказывают влияние на распределение радиации в околоземном космическом пространстве. Например, гармонические волны от ЛЭП с амплитудой в несколько единиц нанотесла (напряженность магнитного поля Земли в разных местах ее поверхности составляет 30-60 тысяч нТ) могут создавать на определенных силовых линиях магнитного поля Земли “сток” низкоэнергичных частиц. Он образует заметную асимметрию в распределении электронов с энергией $E_0 = 2,5$ кэВ в интервале долгот 50–110° з.д. над крупными промышленными объектами с развитыми энергетическими сетями. “Электрический шум” в проводах ЛЭП, генерируемый стекающими частицами, варьируется в зависимости от дней недели и времени суток. Максимум амплитуды излучения ЛЭП в ионосфере в понедельник объясняет наблюдаемые вариации – распределение токов на поверхности Земли в воскресные дни более равномерно (по площади между



Датчики измерения космической плазмы эксперимента "Спут-6", установленные на внешней поверхности ОК "Мир". ФЭПы – фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи)

жителями), тогда как в течение недели вокруг индустриальных центров наблюдается их возрастание. Излучение высоковольтных ЛЭП приводит к изменениям в ионосфере: в атмосферу проникают энергичные электроны из радиационных поясов, взаимодействие между электромагнитными волнами естественного происхождения может вызывать экстремальное усиление их интенсивности на орбите. Кроме того, промышленные газы проникают в нижние слои ионосферы, изменяя ее естественный химический состав, электродинамические параметры плазмы и ЭМО около КА.

На ионосферу воздействуют также наземные передатчики низкой частоты и мощные передатчики, работающие в обычных ра-

диочастотных или высокочастотных (3–5 МГц) диапазонах, научно-исследовательские нагревные стенды. Открытие в 30-х гг. "эффекта Люксембурга" (нагрев ионосферы радиоизлучением) привело к выводу, что антропогенная деятельность может изменять параметры ионосферы. Оценку возмущений в ионосфере и возможных изменений ЭМО на спутниках, способных нарушить работоспособность служебных и научных систем, необходимо проводить прямыми измерениями. Используемые в телекоммуникации и радионавигации передатчики в диапазоне от 4 кГц до 2 МГц нагревают ионосферу и изменяют естественные параметры плазмы. Импульсы передатчика мощностью 2 МВт и длительностью несколько миллисекунд возбужда-

ют плазменные волны, стимулируют эмиссии энергичных частиц и вызывают низкочастотные электромагнитные волны, изменяя параметры плазмы и ЭМО около КА. Сигналы передатчиков после взаимодействия с волнами естественного происхождения могут выглядеть как природное излучение.

К антропогенным факторам, загрязняющим ионосферу, относятся промышленные и проводящиеся в научных целях наземные (подземные) взрывы большой мощности; техногенные катастрофы. Их воздействие на окружающую среду может быть невелико, но весьма заметно. Эти явления на короткое время изменяют ЭМО в ионосфере. Следует отметить, что даже локальные военные конфликты могут вызывать различные эффекты в ионосфере.

Электромагнитные излучения в ионосферной плазме – неотъемлемый элемент "космической погоды" и ее важный экологический параметр.

ИЗУЧЕНИЕ И КОНТРОЛЬ
"КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ"

Первым из экспериментов по исследованию "космической погоды" стал "Спут-6". Оборудование для его проведения дос-

тавлено на борт ОК "Мир" 27 октября 1998 г. Назначение эксперимента – отработать методы контроля "космической погоды". Измеряемые параметры: потоки электронов, протонов и α -частиц в широком диапазоне энергий; вектор постоянного магнитного поля; в диапазоне частот 0,1–40000 Гц вектора переменного магнитного и электрического полей, флуктуаций плотности токов; потенциал элементов поверхности станции до 20 вольт; дозы радиации экспонируемых образцов солнечных батарей внутри и вне комплекса.

До 28 июля 1999 г. эксперимент проводился космонавтами внутри станции "Мир". Измерялись только векторы постоянного и переменного магнитного поля, дозы радиации экспонируемых образцов. Получены следующие данные: – постоянные магнитные поля, связанные с наличием остаточной намагниченности элементов конструкции и систем, не превышают 10% от полного магнитного поля Земли; – максимумы спектральной плотности переменных магнитных полей наблюдаются на постоянных частотах. Их непрерывность и узкая полоса спектра может интерпретироваться как электромагнитные помехи по отношению к естественным электромагнитным полям, генерируемым в невозмущенной ионосферной плазме. Широкополосные всплески спектральной плотности также связываются с электро-

магнитными помехами, вызываемыми электрическими переключениями бортовых систем.

После эксперимента внутри ОК специалисты пришли к выводу, что при установке аппаратуры на внешней поверхности станции, благодаря выносу датчиков примерно на 1 метр, уровень помех снизится. Это увеличит надежность измерений ионосферных параметров "космической погоды".

28 июля 1999 г. во время выхода в открытый космос космонавты В. Афанасьев и С. Авдеев установили датчики эксперимента "Спрут-6" на внешней поверхности модуля "Квант-2". Тем самым началась реализация эксперимента в полном масштабе. Сопоставление измерений нескольких параметров внутри и вне станции даст важную информацию об ЭМО и позволит отделить помехи, вызванные работой аппаратуры, от естественного фона.

Для определения параметров электромагнитной совместимости научных и служебных систем МКС будет создан каталог ЭМО. Им воспользуются при разработке требований по электромагнитной совместимости систем и оборудования космических аппаратов.

По итогам эксперимента "Спрут-6" специалисты создадут методику контроля параметров "космической погоды", скорректируют требования к аппаратуре КА. Международный комитет солнечно-земной физики (SCOSTEP) объявил

сентябрь 1999 г. месяцем "космической погоды", что говорит об актуальности данной проблемы.

Проводимые в настоящее время на ОК "Мир" эксперименты воздействия на окружающую плазму пучками электронов (прибор "Источник") и инжекцией плазмы (прибор "Ариэль") входят в программу исследований с помощью аппаратуры "Спрут-6". Инжекторы электронов и плазмы служат источниками калибровки датчиков эксперимента "Спрут-6", что повышает достоверность контроля параметров "космической погоды".

ЭКСПЕРИМЕНТЫ НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МКС

В программу научных исследований на российском сегменте МКС в 2001–2003 гг. включены эксперименты "Обстановка" и "Спрут-6Ф". Их цель – идентификация и мониторинг геофизических и антропогенных процессов на фоне взаимодействия СБКА с ионосферной плазмой. Скоординированное проведение экспериментов станет важным этапом создания постоянно действующего комплекса глобального низкочастотного (< 20 МГц) экологического электромагнитного мониторинга. Эксперименты войдут в международную программу "Космическая погода", разрабатываемую в настоящее время.

В ходе проведения экспериментов "Обстановка" и "Спрут-6Ф", через 1-2 сут после приема телеметри-

ческой информации на Землю будут непрерывно поступать данные об электромагнитных параметрах "космической погоды", необходимые для групп, управляющих работой научных и прикладных КА на орбите с целью обеспечения их долговременной активной работы. При угрозе возникновения сильных магнитосферных возмущений некоторые КА придется переводить в специальный режим работы, чтобы их сохранить.

Физические условия в различных точках СБКА могут существенно различаться. В эксперименте "Обстановка" предполагается проводить измерения с помощью 3-10 автономных миниатюрных измерительных комплексов. Их разместят в нескольких местах МКС, особенно предрасположенных к накоплению высоких электрических потенциалов, на расстоянии 10–40 м друг от друга. Размещение таких комплексов станет переходным этапом к созданию микроспутников для контроля ЭМО, интегрированных в инфраструктуру МКС.

Научная аппаратура эксперимента "Обстановка" представляет собой качественно новое оборудование для изучения космической плазмы, как среды, определяющей "космическую погоду". Оборудование создано на основе оригинального метода комбинированной волновой диагностики (объединяющего в широком спектре частот четыре основных параметра, определя-

ющих электромагнитные параметры "космической погоды", – электрическое и магнитное поля, плотность тока и флуктуации плазмы). Этот метод изучения ионосферы, не имеющий аналогов по комплексности и информативности, впервые используется в эксперименте "Спрут-6". Ранее он частично опробован на ИСЗ и АМС: "Космос-484, -721" (1972 и 1975 гг.), "Интеркосмос-10" (1974 г.), "Прогноз-8, -10" (1980 и 1985 гг.), "Вега-1, -2" (1986 г.), "Фобос-2" (1989 г.), "Интербол-1" и его субспутнике "Магикон-4" (1995 г.).

ЭЛЕКТРОМАГНИТНО ЧИСТЫЕ
МИКРОСПУТНИКИ

Глобальный экологический низкочастотный **электромагнитный мониторинг** окружающей космической среды предполагается выполнять на спутниках, относящихся к классу микроспутников (общий вес которых не превышает 100 кг). Очевидно, что эти микроспутники должны создавать минимум электромагнитных помех в окружающем пространстве, то есть быть электромагнитно чистыми. Интеграция микроспутников в инфраструктуру российского сегмента МКС дает дополнительные преимущества и может способствовать решению основных методических и технических задач при исследовании "космической погоды". Следует иметь в виду, что особенно плохо был изучен УНЧ/КНЧ диапазон, затрудняющий проведение

измерений естественных электромагнитных полей с низкой локальной плотностью энергии. Радиоэлектронная и электротехническая аппаратура КА, работающая в номинальных режимах, является источником электромагнитных излучений. Чем больше аппаратуры на спутнике и чем выше ее энергоемкость, тем хуже ЭМО. Для проведения электромагнитного мониторинга КА не должен превышать энергопотребление 25–40 Вт.

В инфраструктуру МКС войдет командно-телеметрическая система "микроспутник – МКС" с малым энергопотреблением, обеспечивающая **электромагнитную чистоту микроспутника**. Система из нескольких микроспутников, необходимая для экологического электромагнитного мониторинга, будет поддерживаться на орбите около МКС в течение 10-15 лет (ежегодно необходимо запускать по два КА, исходя из срока их работы – около 6 месяцев). Корректирующая двигательная установка микроспутников позволит сформировать эллиптическую орбиту вокруг ОК с малой полуосью 0,1–10 км и провести контроль ЭМО. Это даст важную информацию о целом ряде "паразитных" физических явлений на поверхности ОК, в первую очередь об электрических разрядах на элементах конструкции. Аппаратура "Спрут-6", предназначенная для измерения электромагнитных полей около стан-

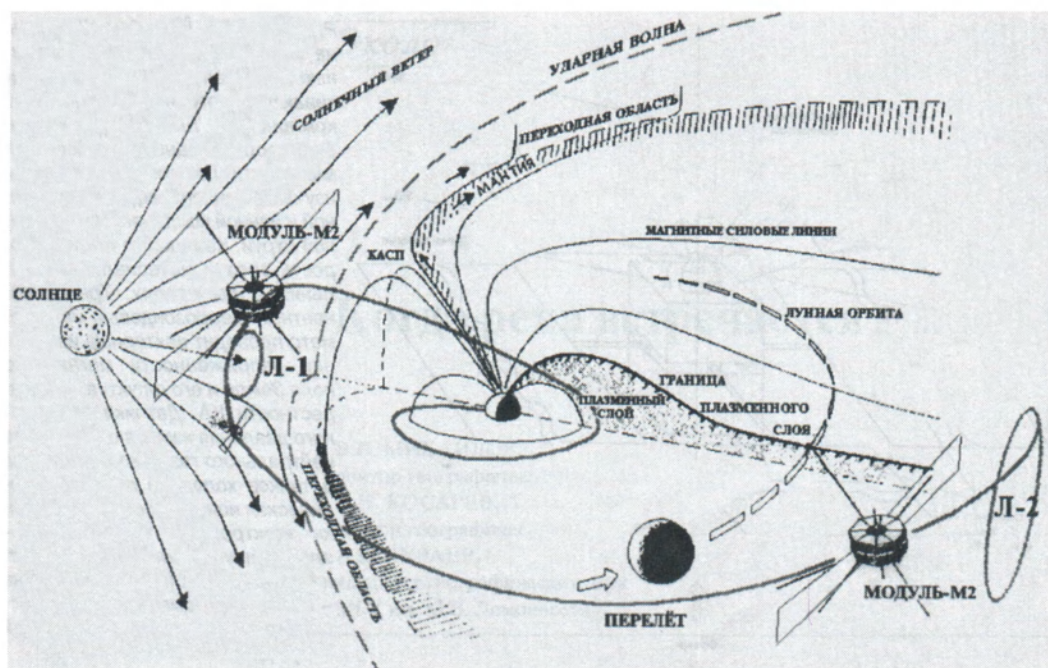


Схема перелета КА "Модуль-М2" с орбиты Международной космической станции в точки Л1 и Л2

ции "Мир", может стать аналогом приборов электромагнитно чистых микроспутников и использоваться в эксперименте "Обстановка".

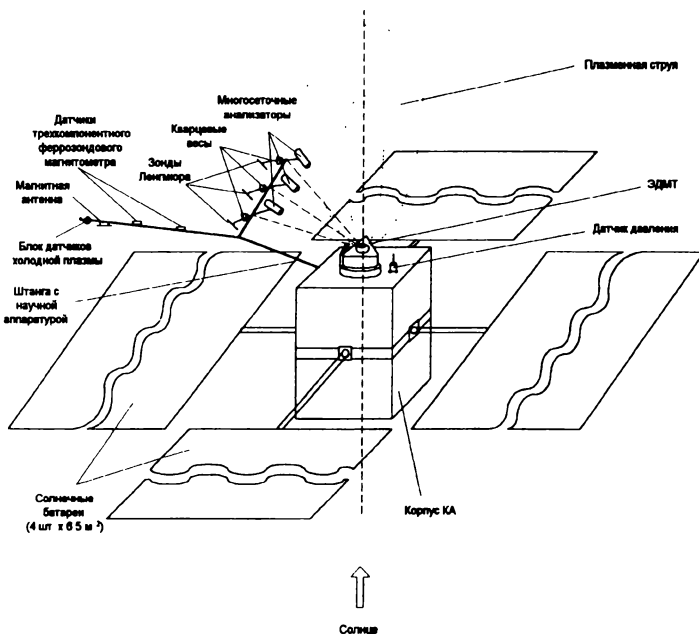
Микроспутник конструируется на основе разработанных при участии ИКИ РАН субспутников "Магион-4 и -5" (работающих в международном проекте "Интербол") и применения единого конструкторского и технологического подхода к проектированию и производству спутниковых измерительных приборов, служебных систем и конструкций. Субспутник обеспечивает максимально низкий уровень

ЭМО и решение научных задач. Комплекс приборов при очень жестком ограничении массы и энергопотребления микроспутника позволяет измерить физические параметры электродинамических возмущений как природного и антропогенного характера, так и создаваемых СБКА.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОГРАММЫ

Прогноз и изучение погоды ведутся с использованием метеорологических систем. В настоящее время в России еще не сформирована долгосрочная комплексная программа исследования "космической погоды", но есть перспективные космические проекты, которые могут стать составными частями этой программы.

Исследования параметров солнечного ветра, в т.ч. в ходе продолжающейся реализации международного проекта "Интербол" (Земля и Вселенная, 1999, № 5), показали, что коэффициент корреляции между изменениями параметров плазмы в двух точках либрации Л1 и Л2, расположенных вблизи линии Земля-Солнце, тем выше, чем больше амплитуда вариаций измеряемого параметра. Возможны измерения солнечного ветра в удаленной от Земли области, например в окрестности точки Л1, с целью упреждающего мониторинга "космической погоды". Сведения о движении плазменных неоднородностей (разрывы, межпланетные ударные волны, корональные выбросы массы и др. возмущения)



Размещение научной аппаратуры на КА "Модуль-М2". Многосеточные энергоанализаторы с оттапливающим потенциалом измеряют компоненты плазменной струи электрореактивных двигателей малой тяги. Ленгмюровские зонды изучают концентрацию электронной и ионной компоненты плазменной струи. Кварцевые весы – скорость эрозии материала и напыления в двигателях. Трехкомпонентный феррозондовый магнитометр проводит векторные измерения напряженности магнитного поля Земли и его флуктуаций в окрестности КА. Датчики абсолютного давления измеряют давление нейтрального газа около КА. Блок датчиков холодной плазмы (сферическая ионная ловушка и датчики электронной температуры) – электронную температуру и плотность плазмы. Магнитная антенна – магнитную компоненту электромагнитного излучения плазменной струи двигателей

могут быть получены в точке L1 за 30–60 мин до начала их взаимодействия с магнитосферой Земли и перестройки ее структуры. Это позволяет исследовать солнечный ветер и магнитосферу в целях получения сведений о параметрах "космической погоды" в реальном времени и, что еще более важно, ее краткосрочных прогнозов. В первую очередь необходимо вовремя регистрировать в солнечном ветре изменения, обладающие повышенной геофизической активностью. Это поможет предсказывать процесс быстрых перестроек структуры геомагнитосферы, приводящих к значительным вариациям геомагнитного поля на поверхности Земли и к возникновению сильных индукционных токов в протяженных проводниках (трубопроводах,

линиях электропередачи, кабельных сетях). Оперативно полученная информация позволит быстро подключить резервные генераторы и включить защитные системы на газопроводах и телекоммуникационных спутниках.

Проведение систематического изучения в точках L1 и L2 реакции магнитосферы на внешние возмущения – основная задача перспективного проекта "Модуль-М2" (запуск 2003–2005 гг.). Проект предусматривает изучение условий возникновения и энергоемкости магнитных бурь, динамики геомагнитного хвоста, механизмов переноса массы и энергии из солнечного ветра в магнитосферу. Космический аппарат проекта "Модуль-М2" входит в состав МКС. Их собирает и разворачивает экипаж МКС, так как КА дос-

тавляется в частично разобранном виде. Такая концепция КА позволяет уменьшить его массу и стоимость. Уникальный комплекс компьютерных прикладных программ ИКИ РАН позволит сформировать орбиту с применением многократных гравитационных маневров у Луны.

После эксперимента "Спрут-6" начнется создание космической системы изучения и прогнозирования "космической погоды". Запуск с МКС нового типа КА откроет более экономичный и эффективный способ исследования магнитосферы Земли. Измерение параметров солнечного ветра с помощью КА на более близких к Солнцу расстояниях, чем точка L1, позволит осуществлять прогноз "космической погоды" на несколько суток вперед.

Когда река встречается с морем

В.Н. МИХАЙЛОВ,
доктор географических наук
А.Н. КОСАРЕВ,
доктор географических наук
А.В. КУРАЕВ,
кандидат географических наук
МГУ им. М.В. Ломоносова

Процессы взаимодействия морей и впадающих в них рек и, в частности, смешение пресных речных и соленых морских вод в приустьевых районах относятся к сложным и интересным научным проблемам междисциплинарного характера. Их изучает комплекс наук – гидрология суши,

океанология, гидрохимия, геоморфология, гидробиология, экология. Речной сток приносит в море основную массу как биогенных, так и токсичных, загрязняющих среду веществ. Особенно сильно влияние материкового стока ощущается во внутренних морях, имеющих ог-

раниченный водообмен с прилегающими акваториями океана. Знание механизма смены речного гидрологического режима на морской – необходимое условие организации экологического мониторинга приустьевых участков Мирового океана.

ТЕРМИНАЛЫ ВЕЛИКИХ РЕК

Устье можно назвать **терминалом реки**, потому что это – конечный участок речного потока, где, вливая свои воды в море или озеро, он перестает существовать как река. Иногда, если море наступает на сушу, устье выглядит воронкообразным заливом, расширяющимся в сторону моря, тогда это – **эстуарий** (в переводе с латыни – “затопляемое устье реки”). Но

чаще в своем низовье река, впадая в море, образует низменность, сложенную речными наносами, прорезанную сетью рукавов и протоков. По форме она напоминает греческую букву Δ , этот тип устья так и называется – **дельта**. Площадь у знаменитой в России дельты Волги – 13 тыс. км² (почти в 1,5 раза больше острова Кипр), но дельта Амазонки намного обширнее волжской – более 100 тыс. км², т.е. раз-

мерами с такую страну как Болгария.

Волга в среднем каждую секунду “поставляет” в Каспийское море 7710 м³ воды – таков ее расход. Это очень много. Но на земном шаре есть 27 рек, у которых расход превышает волжский, 6 рек мира выносят каждая в три раза больше воды, чем Волга. Рекордный расход у крупнейшей реки Земли **Амазонки** – 220 000 м³/с. Это почти в 30 раз больше, чем у Волги.



Рукава – протоки, по которым река выносит свои воды в море; в дельте Волги площадью 13 тыс. км² их более 500

...Когда выходишь на океанском судне в открытое море из порта, расположенного в устье многоводной реки, первое, на что обращаешь внимание, – речные берега расходятся и вода расплывается впереди желтовато-коричневым покрывалом. Еще несколько часов ходу – и близость реки уже не чувствуется: вокруг зеленовато-голубая соленая вода; река исчезает в морском просторе. Кажется, что в этом поглощении речного потока морем есть какое-то таинство, но все подчинено строгим природным закономерностям.

Устья рек мира все вместе занимают относительно небольшую часть земной поверхности. Площадь всех речных дельт едва превышает **3% площади суши**, а дельтовые берега занимают около 9% длины береговой линии океана. Все эстуарии – это менее 0,4% акватории Мирового океана. Однако благодаря своему географическому положению и природным особенностям

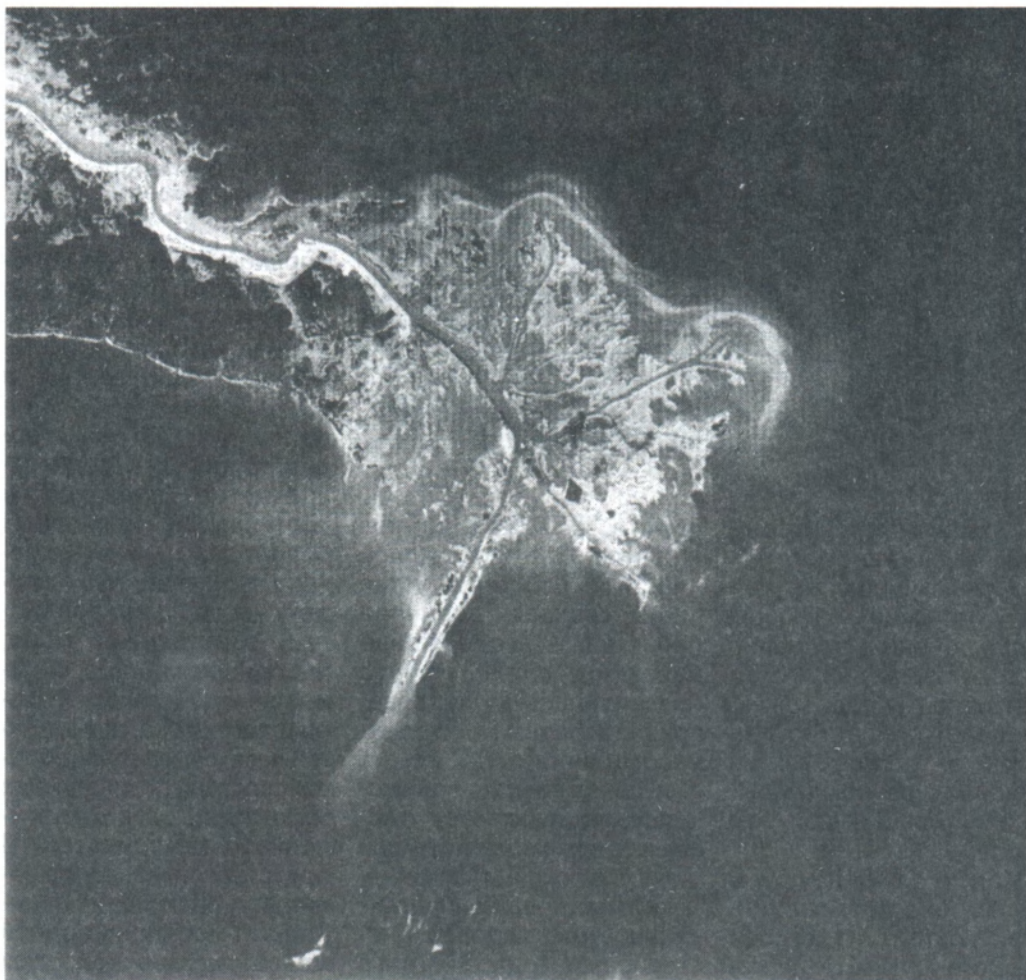
устья рек занимают особое место в ряду географических объектов, с учетом их экологического и экономического значения.

Занимая промежуточное положение между речными бассейнами и принимающими водоемами, устьевые области рек представляют собой пограничные геосистемы, где взаимодействуют и трансформируются разные по физическим, динамическим, химическим и биологическим свойствам водные массы – речные и морские. Промежуточное положение речных устьев между приморскими равнинами, с одной стороны, и прибрежной зоной океанов, морей, крупных озер, – с другой, определяет основные особенности их природных условий.

Обилие воды создает предпосылки для развития многообразной жизни, речные и морские течения доставляют в устье реки плодородный ил, питательные вещества, растворенный кислород, тепло, что способствует бурному развитию растительности.

Эстуарии, обладая **самой высокой удельной биопродуктивностью** из всех экосистем на планете, дают свыше 4% всей первичной продукции океана, в них сосредоточено более трети растительной массы Мирового океана. Дельты рек и приустьевые прибрежные воды – место откорма многих морских промысловых видов рыб. Пути миграции проходных и полупроходных рыб проходят через дельты, часто здесь зимуют перелетные птицы.

Дельты таких крупных рек как Хуанхэ, Янцзы, Нил, Инд, Ганг, Меконг известны как **древнейшие очаги** орошаемого земледелия и **цивилизации** в целом. В устьевых областях многих рек России и стран СНГ (Волги, Кубани, Дона, Терека, Дуная, Днепра, Амударьи) в наши дни сосредоточено сельскохозяйственное производство и рыбный промысел. В устьях рек всех континентов расположены крупнейшие морские порты и города Роттердам, Лондон, Гамбург, Нью-Йорк, Санкт-Петербург, Архангельск... Жизнь и деятельность огромной массы людей связаны с устьями рек и использованием их ресурсов (в США, например, не менее 50 млн человек живет и работает в устьевых областях рек).



Вынос речных вод в океан из дельты Миссисипи, одной из крупнейших в мире. Снимок со спутника "Landsat"

Исследовать устья рек нелегко из-за того, что их природные условия подвержены кратковременным периодическим (приливы и отливы) и непериодическим (штормы, нагоны), а также сезонным изменениям. Дельты испытывают и существенные многолетние изменения из-за отложения наносов,

выдвигаясь в море иногда со скоростью сотен метров и даже нескольких километров в год. Можно сказать, что устья рек относятся к самым непостоянным природным объектам на Земле.

Серьезные последствия возникают при изъятии и зарегулировании речного стока: уменьшается или вовсе прекращается заливание дельтовой поймы; ил накапливается в дельтовых рукавах и каналах; дельтовые водоемы и прибреж-

ная зона моря осолоняются. В результате понижается уровень грунтовых вод; деградирует почвенно-растительный покров и обедняется животный мир в дельтах и на взморьях.

ЕДИНСТВО УСТЬЕВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Экосистемы устьевой области реки функционируют в соответствии со специфическими устьевыми процессами и условиями на границе облас-



В устье Амазонки: крупный бразильский порт Белен, обслуживающий как речные, так и океанские суда

ти. Это речные факторы – сток воды, наносов, растворенных веществ, тепла и морские – уровень моря, течения, волнение, соленость воды. Устьевая область подвержена воздействию естественных и антропогенных изменений в речном бассейне и в принимающем реку водоеме.

Как и любая другая водная экосистема, устьевая состоит из **абиотической и биотической частей**, причем их характеристики для устьевого участка реки (собственно дельты) и устьевого взморья, к которому относят заливы, лиманы, лагуны и эстуарии, существенно различаются. Основные гидролого-экологические характеристики абиотической части устьевой экосистемы – расход воды и наносов в водотоках, их глубина и ширина, площадь водной поверхности в дельте, уровень воды, ее температура, скорость стоковых течений, содержание растворенных и взвешенных ве-

ществ, свойства донных грунтов. Для биотической части экосистемы устья реки важны величина биомассы, содержание фитопланктона, густота растительного покрова, разнообразие и численность животных.

Единство устьевой экосистемы создается **тесным взаимодействием** абиотической и биотической ее частей. Продуктивность и видовое многообразие водной биоты в значительной степени зависит от свойств водной среды.

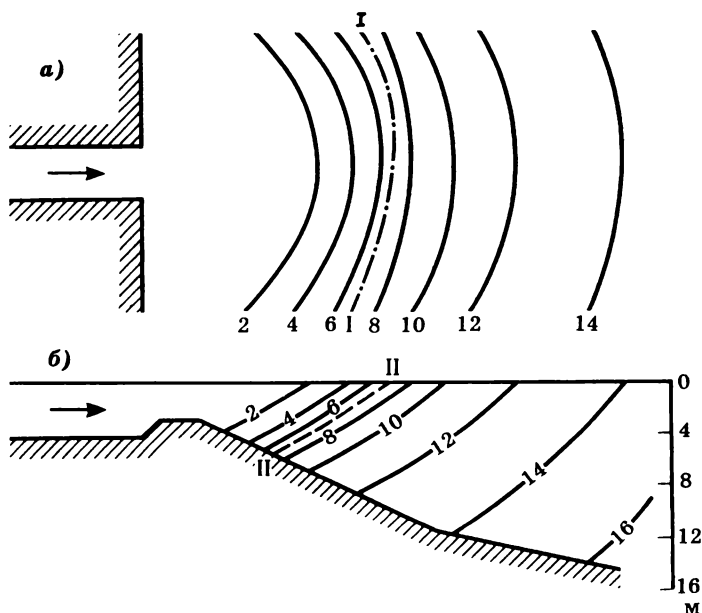
Очень важно понять процессы в приустьевой зоне, в особенности то, как происходит **смешение речной и морской воды**. Ведь при этом в море проникают принесенные рекой загрязняющие вещества.

Речная вода слабо минерализована (обычно не более 200–400 мг/л, или 0,2–0,4‰), для нее характерны пониженная мутность, **карбонатно-кальциевый** ионный состав, пресноводная биота. У

морской воды – соленость в сто раз больше (до 35‰ и выше), пониженная мутность, хлоридно-натриевый состав и биота, присущая солонатовым или соленым водам. В морской воде сохраняется постоянство соотношений основных солеобразующих компонентов (независимо от величины общей солености). Внутренние моря, находящиеся под сильным воздействием материкового стока, имеют отличный от океана солевой состав, но и для них характерно его относительное постоянство. В приустьевой зоне смешения вод происходит переход от речной водной массы к морской, при этом изменяются свойства воды и, прежде всего, ее солевой состав.

Расстояние между ядрами первичных водных масс – речной и морской, исчисляется многими десятками километров. Наиболее активное взаимодействие водных масс происходит неподалеку от устья реки, во фронтальной зоне, в пределах которой находится **фронтальный раздел** – наклонная поверхность, совпадающая с геометрическим местом максимальных градиентов одной или нескольких хара-

Схема происходящих в устьевой области реки процессов смешения пресных и соленых вод: а – в плане, б – в разрезе, I – устьевой гидрофронт, разделяющий речные и морские воды на поверхности; II – устьевой фронтальный раздел (линии равной солёности – изогалины – проведены через 2‰)



ктеристик (температуры, солёности, плотности и т.д.). А пересечение фронтального раздела с поверхностью моря образует **гидрофронт**.

Влияние речного стока нередко сказывается и на значительном удалении от устья. Фронты солёности и линзы распресненных вод образуются далеко в открытом океане, там, где в него впадают такие крупные реки, как Амазонка, Ориноко, Конго, Ганг, Миссисипи, Нил. Сильное опресняющее влияние речного стока характерно и для Северного Ледовитого океана, где при впадении Оби, Енисея и Лены нормируются обширные области опресненных вод. Самый информативный из показателей состояния фронтальных зон в устьях рек – солёность воды. Анализ распределения солёности дает возможность в большинстве случаев выделить все структурные элементы фронтальной зоны, изучить ее особенности и динамику. К тому же эта консервативная характеристика позволяет проследить распространение опресненных вод в морях на значительные расстояния.

На отмелем устьевом взморье процессы смешения речных и морских вод происходят на обширном пространстве, и здесь главным образом выражены горизонтальные градиенты характеристик. На приглубом взморье фронтальная зона более узкая, расположена она ближе к устью реки. Поэтому здесь надо принимать во внимание также вертикальную структуру вод, в которой формируется слой скачка солёности (галоклин), от которого зависит возможность перемешивания.

Граница между речными и морскими водами наиболее резко выражена в диапазоне солёности от 1–2 до 5‰. Она же создает “барьер” между пресноводной и морской биотой. Его нет в открытом море, где изменение солёности очень незначительно.

ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСТЬЯХ РЕК

В дельтах рек и на взморьях оседает значительная часть переносимых речными водами загрязняющих веществ. И это существенно, поскольку приустьевые экосистемы в значительной степени формируют биологическую продуктивность океанов и морей. Закономерности распределения загрязняющих веществ в устьевых областях рек включают важную экологическую составляющую.

По современным данным, в океаны и моря с речным стоком поступает огромное количество органических и неорганических загрязнителей (**поллютантов**), в том числе тяжелых металлов. Содержание этих химических соединений в морской воде контролируется процессами адсорбции. Ме-



Дельта Северной Двины (площадь 900 км²) характеризуется широкими рукавами, используемыми для судоходства. В последнее десятилетие качество воды в дельте сильно ухудшилось

таллы (медь, свинец, никель и др.) и органические загрязнители (хлорорганические углеводороды) аккумулируются на взвешенных частицах. "Время жизни" поступающих в приустьевые районы загрязняющих веществ недостаточно для того, чтобы большинство компонентов растворенного органического вещества достигло открытого моря – они соединяются и **осаждаются на дно** в

приустьевых и шельфовых районах. Такие металлы, как железо, алюминий, марганец, цинк задерживаются в прибрежных районах. В зоне смешения в устьях рек задерживается, например, в среднем 60% минерального и 20% общего фосфора, поступающего с речным стоком. Только консервативные элементы (уран, фтор, барий и др.) полностью выносятся в открытые акватории.

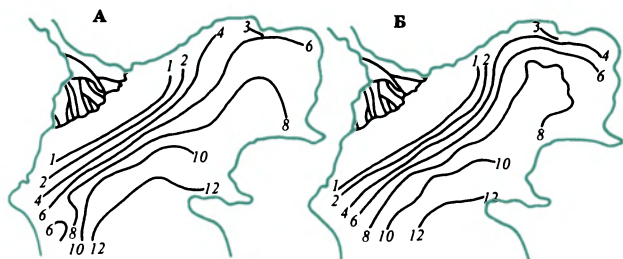
Большая часть загрязнителей, оседающих на дно в прибрежных районах, накапливается в водных организмах (гидробионтах) и таким образом поражает прибрежные экосистемы, наиболее важные в практическом использовании. Донные осадки – постоянно действующий источник вторичного загрязнения морской воды; оно усиливается при взмучивании иловых отложений под воздействием динамических процессов. Седиментация в приустьевых районах обычно высокая, поэтому их хроническое загрязнение вызывает активное накопление загрязнителей в донных осадках.

Для химических веществ, переносимых преимущественно вместе со взвешенными и влекомыми водой наносами, эффективность гидродинамического устьевого "барьера" составляет 80–90%. Это означает, что только 10–20% взвешенных веществ проникает в открытое море или океан и участвует в образовании океанических

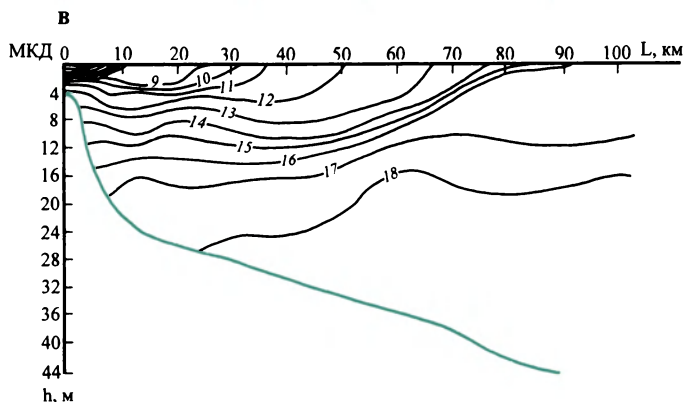


Заросшая протока Бакланья в дельте Волги; обильная растительность свидетельствует о значительном присутствии в воде органических веществ

Среднее многолетнее распределение солёности вод (‰) в поверхностном слое Северного Каспия. **А** – в апреле; **Б** – в июне; **В** – распределение солёности воды на взморье Дуная, выходе из рукава Быстрого (по наблюдениям в июле 1970 г.); МКД – морской край дельты



осадков. Растворенные формы, наоборот, на гидродинамическом “барьере” не задерживаются и в случае консервативного поведения переносятся в открытое море, пополняя запас солей в морской воде. В трансформации потоков взвешенных веществ в зоне смешения огромную роль играют фильтрующие организмы.



ДВА ТИПА УСТЬЕВ – ВОЛГИ И ДУНАЯ

Авторы провели сравнение непреливных устьевых областей двух крупнейших рек Европы – **Волги и Дуная**, имеющих как сходства, так и различия в природных условиях. Среднегодовой объем стока этих рек почти одинаков (240 и 208 км³/год, соответственно). Однако характер взморьев (отмелое – Волги и приглубое – Дуная) определяет различия в особенностях смешения вод. На большей части обширного взморья Волги глубины менее 3–5 м; преобладающие глубины на взморье Дуная – более 10 м. Кроме того, существенно и то, что воды Дуная стекают в море по 20 рукавам, а в дельте Волги их не менее 500.

В мелководном Северном Каспии волжские воды продолжают смешиваться с морскими в пределах большей части акватории. Особенности смешения вод наряду с общими факторами (изменение речного стока, воздействие течений) здесь определяются и значительными многолетними изменениями уровня Каспийского моря.

При высоком положении уровня моря увеличение объема стока Волги способствует уменьшению солёности, особенно сразу после прохождения волны половодья. При низком уровне водоема рельеф дна Северного Каспия затрудняет поступление более соленых вод из средней части моря и способствует формированию обширной зоны транзита речных вод, их

смешению с морскими. При этом в годы с повышенным стоком происходит опреснение северо-западного района и осолопление центральной акватории Северного Каспия.

На приглубом устьевом взморье Дуная зоны морских вод и транзита речных довольно однородны, но фронтальная зона отличается большой изменчивостью. Благодаря приглубости взморья зона транзита пресных вод разрывается по выходе из рукавов дельты на отдельные струи. Несмотря на большую величину стока, размеры зоны смешения на взморье Дуная, из-за его приглубости, на один-два порядка меньше, чем в Северном Каспии, а формирующийся слой скачка солёности препятствует вертикаль-



ному перемешиванию вод и загрязняющих веществ под влиянием ветра и течений. В целом на обширном отмелем взморье Волги происходит более интенсивное накопление загрязняющих веществ, чем на приглубом взморье Дуная.

Таким образом, в процессе смешения речных и морских вод **гасится кинетическая энергия** речного потока, отлагаются почти все речные наносы, удаляется из водной толщи большая часть растворенных веществ, происходит смена типа солевого состава вод и водной биоты. Поле солёности воды в зоне смешения на отмелем взморье (пример – Северный Каспий) зависит прежде всего от стока реки и высоты уровня моря, а на приглубом (пример – устьевое взморье

Дуная) – от речного стока и ветра.

Выявленные закономерности позволяют разрабатывать **научные основы экологического мониторинга** зон смешения речных и морских вод и их динамики под влиянием климатических факторов, а также антропогенных нарушений естественного режима рек.

Все меньше остается рек, сток воды и наносов которых находится в состоянии, близком к естественному. Сток уже зарегулированных рек теряет стабильность. Режим устьев рек становится в сильнейшей степени зависим от антропогенных изменений речного стока. Угрожающий характер приобретает местное загрязнение вод, источник которого – промышленные, коммунальные, сель-

Расчистка дна в протоках дельты Волги, служащих "накопителями" наносов и загрязняющих веществ, приносимых рекой в море

скохозяйственные предприятия и водный транспорт.

На морфологическое строение и режим устьев рек, их природные условия все большее влияние оказывают не всегда продуманные гидротехнические и водохозяйственные мероприятия, осуществляемые в пределах дельт. Использование природных ресурсов в устьевых областях можно считать рациональным, когда негативные изменения гидролого-экологических условий минимальны. Необходим учет закономерностей и тенденций процессов, происходящих в устьях рек.

Предотвращение или хотя бы уменьшение загрязнения поверхностных и подземных вод в устьях рек заслуживает особого внимания. Многие чужеродные вещества накапливаются в донных отложениях, что создает большую опасность вторичного загрязнения, например при размыве водотоков и штормовом волнении на взморье.

Для сохранения уникальных природных комплексов целесообразно часть территории и акватории устьевой области оставить нетронутыми, создав систему заповедников и заказников, как это уже сделано, например, на Волге и Дунае. Для устьевой области каждой крупной реки предполагается разработать комплексную схему рации-

онального использования и охраны водных ресурсов. Она включит в себя научно обоснованную систему регулирования режима устья реки или управления им, а желательное и распределение площади устьевой области между заинтересованными отраслями хозяйства, включая заповедники и заказники.

Информация

Всемирная океанографическая сеть

Международная глобальная программа "Argo", разработанная в США, названа по имени мифического корабля, отправившегося в дальнее плавание. Ее цель – собрать данные в реальном времени о физических и химических процессах, происходящих в Мировом океане. Программа опирается на океанологические работы, проводящиеся под эгидой Национального научного фонда и Управления научных исследований ВМФ США почти 20 лет. В дополнение к ним предполагается создать всемирную сеть из 3 тыс. буев, размещаемых во всех морях примерно в 300 км друг от друга. После ус-

тановки буй погружается в воду на 2 тыс. м и находится на этой глубине 10 суток. Затем он постепенно поднимается, попутно измеряя температуру и соленость воды на разных уровнях. Достигнув поверхности, аппаратура передает собранную информацию и данные о своем местонахождении одному из искусственных спутников Земли, а буй снова погружается. Полученная информация ретранслируется наземным станциям и поступает в распоряжение научных групп, находящихся в различных странах, для первоначальной проверки ее качества. Данные глобальной телекоммуникационной системы становятся доступными для центров оперативных прогнозов и для фундаментального изучения. Они открыты любому пользователю.

В работу по расстановке буев включаются сотни торговых судов. В наиболее удаленных

частях акваторий они будут размещены с самолетов. Около трети всех буев берется установить за три года Национальное управление по изучению океана и атмосферы США, на эти цели ассигновано 12 млн долл. К участию приглашены также соответствующие организации западноевропейских стран, Японии, Канады, Австралии и др.

Уже сейчас существуют отдельные компоненты системы "Argo" – программы "Global Climate" ("Глобальный климат") и "Global Ocean Observing System" ("Система наблюдения за Мировым океаном"). К ним присоединятся программы "Clivar" ("Climate variability and Predictability" – "Переменчивость и предсказуемость климата") и "Godae" ("Global Ocean Data Assimilation Experiment" – "Эксперимент по обработке данных о Мировом океане").

Earth Sistem Monitor, 1999,
10, 6

Поздравляем юбиляра

Анатолий Михайлович Черепашук

(к 60-летию со дня рождения)



Анатолий Михайлович Черепашук – один из ведущих ученых России в области астрономии и астрофизики. Вся его жизнь связана с любимой наукой. Он родился 7 июля 1940 г. в г. Сызрани. В 12 лет увлекся астрономией. В школьные годы переписывался с мастером по изготовлению телескопов для любителей М.С. Навашиным и с А.А. Тарковским (известным поэтом и отцом кинорежиссера Андрея Тарковского) по вопросам любительского телескопостроения. При их поддержке Анатолий в 15 лет изготовил самодельный телескоп-рефлектор с зеркалом 200 мм, а затем соорудил домашнюю обсерваторию, на которой проводил наблюдения переменных звезд, Солнца и планет по программе Куйбышевского отделения ВАГО. Его первая научная публикация – зарисовки поверхности Марса, выполненные во время Великого противостояния 1956 г. по наблюдениям на 200-мм рефлекторе, была включена в Атлас рисунков Марса (изд. АН СССР, ред. Н.П. Барабашов, 1961 г.).

В 1957 г. А.М. Черепашук поступил на первый курс Куйбышевского пединститута. Но желание серьезно заниматься астрономией привело к тому, что в 1960 г. он перешел на третий курс физического факультета МГУ и в 1964 г. окончил его по специальности "Астрономия". В том же году поступил в аспирантуру, в 1967 г. защитил кандидатскую диссертацию и был зачислен на должность младшего научного сотрудника в ГАИШ МГУ. Работал в группе профессора Д.Я. Мартынова. В 1973 г. А.М. Черепашука перевели на должность старшего научного сотрудника и вскоре назначили начальником Высокогорной Алма-Атинской экспедиции ГАИШ. В 1975 г. защитил докторскую диссертацию. В 1978 г. ему было присвоено ученое звание профессора. С 1978 г. Анатолий Михайлович – директор ГАИШ МГУ. С 1986 г. исполняет также обязанности заведующего кафедрой астрофизики и звездной астрономии физфака МГУ. В 1997 г. А.М. Черепашук избран членом-корреспондентом Российской академии наук по Отделению общей физики и астрономии.

А.М. Черепашук – один из самых авторитетных специалистов в нашей стране в области изучения тесных двойных звездных систем на поздних стадиях эволюции. Его работы по исследованию звезд Вольфа–Райе, нейтронных звезд и черных дыр в тесных двойных системах по праву считаются пионерскими. Совместно с сотрудниками ГАИШ он создал новую высокоэффективную теорию, методику и аппаратуру для исследования тесных двойных звезд, в течение ряда лет выполнял их оптические наблюдения, прояснил эволюционную стадию звезд Вольфа–Райе и их связь с нейтронными звездами и черными дырами, дал оценки масс черных дыр в двойных системах.

В 1972-73 гг., в начале эры рентгеновской астрономии, А.М. Черепашук совместно с В.М. Лютым и Р.А. Сюняевым выполнил первые ра-

боты по изучению природы оптической переменности рентгеновских двойных систем, предложил метод оценки наклона орбиты рентгеновской двойной системы по эффекту эллипсоидальности оптической звезды, сделал одну из первых оценок массы черной дыры в системе Лебедь X-1. Он открыл оптические затмения в объекте SS433 и показал, что этот объект представляет собой массивную двойную систему с прецессирующим сверхкритическим аккреционным диском вокруг релятивистского объекта.

Еще в 1967 г. в кандидатской диссертации А.М. Черепашук предсказал рентгеновское излучение от двойных звезд Вольфа-Райе с массивными спутниками – звездами О-В, обусловленное столкновением звездных ветров, что было подтверждено в 1987 г. наблюдениями с борта рентгеновской обсерватории "Эйнштейн". Он предложил новый метод поиска двойных систем среди звезд Вольфа-Райе по их рентгеновскому излучению, не зависящий от наклона орбиты. С помощью этого метода открыт ряд новых двойных среди звезд этого класса. А.М. Черепашук выполнил корректные определения радиусов и температур звезд Вольфа-Райе по анализу затмений в двойных системах, показал, что эти звезды – гелиевые ядра массивных звезд, находящихся на поздних стадиях эволюции и потерявших свыше 50% массы. В 1996 г. совместно с сотрудниками ГАИШ опубликовал "Каталог тесных двойных звезд на поздних стадиях эволюции" (издательство "Gordon and Breach"), высоко оцененный международной астрономической общественностью.

Совместно с В.М. Лютым в 1971 г. открыл эффект запаздывания быстрой переменности линий излучения относительно непрерывного спектра в ядрах сейфертовских галактик. Эта работа нашла признание у астрофизиков всего мира и послужила стимулом для поисков такого эффекта у многих галактик с помощью Космического телескопа им. Хаббла, а также по программам ряда наземных телескопов. Сейчас изучение переменности линий и поиск эффектов запаздывания выросли в новое направление исследования структуры ядер активных галактик и определения масс сверхмассивных черных дыр. Этим методом определены массы двух десятков черных дыр в ядрах активных галактик, лежащие в пределах 10^6 – $10^9 M_{\odot}$.

Впервые в нашей стране А.М. Черепашук совместно с сотрудниками ГАИШ выполнил измерения угловых диаметров звезд из наблюдений дифракционной картины при покрытии их Луной с разрешением (10^{-3} – 10^{-4}).

У некоторых молодых звезд типа Т Тельца этим методом выявлена структура внутренних частей протопланетных дисков. А.М. Черепашук развил также методы анализа кривых блеска при гравитационном микролинзировании звезд, впервые получил распределение яркости по диску звезды из наблюдаемой кривой микролинзирования.

А.М. Черепашук принимал участие в разработке современных научно обоснованных методов решения обратных некорректных задач и применения этих методов к решению проблем астрофизики. На эту тему он опубликовал три монографии совместно с математиками физфака МГУ, за что в 1974 г. был удостоен премии Ленинского комсомола, а в 1988 г. – Ломоносовской премии МГУ. А всего он опубликовал около 300 научных работ и 10 монографий. В 1999 г. А.М. Черепашук награжден орденом Дружбы.

Директор ГАИШ, А.М. Черепашук способствовал развитию новых перспективных направлений, как, например, космическая астрометрия (проект "Ломоносов") и звездный космический коронограф (проекты "Лири", "Фомальгаут"). В 1990 г. в ГАИШе было завершено создание двух новых высокогорных обсерваторий с превосходным астроклиматом в Казахстане (вблизи Алма-Аты) и в Узбекистане (на горе Майданак). В 1993-94 гг. эти обсерватории национализированы правительствами независимых государств, и в настоящее время обсуждается вопрос об их международном статусе. Крымская обсерватория ГАИШ считается российской собственностью МГУ на территории Украины.

А.М. Черепашук – заместитель председателя Совета по астрономии РАН, член правления Евроазиатского астрономического общества (ЕААО), член Международного Астрономического Союза (МАС) и Европейского астрономического общества, член Английского Королевского Астрономического общества. Он – член редколлегий "Астрономического журнала", "Вестника МГУ", журналов "Природа" и "Земля и Вселенная", заместитель главного редактора журнала "Astrophysics and Space Science". Хотелось бы отметить большую помощь, которую постоянно оказывает А.М. Черепашук журналу "Земля и Вселенная".

Редколлегия, редакция, авторский коллектив и читатели "Земли и Вселенной" поздравляют Анатолия Михайловича с юбилеем и желают ему новых успехов в его научной и педагогической деятельности.

Михаил Сергеевич Рязанский

(к 90-летию со дня рождения)

В историю космонавтики вписано имя М.С. Рязанского, входившего в знаменитую шестерку Совета главных конструкторов, созданного академиком С.П. Королёвым. М.С. Рязанский возглавлял разработку радиотехнических систем космодромов, баллистических

ракет, ракет-носителей и космических аппаратов.

Михаил Сергеевич Рязанский родился 5 апреля 1909 г. в С.-Петербурге. Его отец, Сергей Иванович, был приказчиком в товариществе братьев Нобель в г. Баку и одновременно учился на экономическом отделении Петербургского политехнического института. Мать, Александра Алексеевна Власова, преподавала в начальной школе. В 1910 г. из-за безденежья семья переехала в Баку, где Михаил начинает обучение в школе.

Продолжает учебу он уже в Москве, так как отца переводят в 1923 г. на работу в Московскую контору «Азнефть».

Еще в школе Михаил увлекся радиотехникой. В 1925-26 гг. он занимался на курсах «морзистов» и руководил радиокружками. В 1925 г. он стал членом президиума Общества друзей радио (ОДР) и председателем московской секции радиолюбителей «коротковолновиков». Закончив школу и курсы радиотехников ОДР, Михаил работает техником в мастерских.

В августе 1928 г. президиум ОДР откомандировал Михаила в Нижегородскую радиолобораторию (НРЛ) – первую советскую научно-исследовательскую организацию в области радиотехники. Впоследствии она была реорганизована в Горьковскую центральную военно-индустриальную радиолобораторию. М.С. Рязанский, руководитель одной из групп по разработке радиоаппаратуры, участвует в создании радиостанций для армии,



М.С. Рязанский (1909–1987 гг.)

авиации и флота. Осенью 1931 г. он поступает в Ленинградский электротехнический институт.

Учебу в институте Михаил Сергеевич совмещает с работой в Ленинградской центральной радиолaborатории сначала как инженер, а затем и руководитель группы по разработке военноморских радиоприемников. Одновременно, на контрактной основе, он работает в Особом техническом бюро Наркомата по военноморским делам (ныне ЦНИИ "Гранит"). Интенсивная работа и учеба, плохое питание и сырой климат привели его к заболеванию туберкулезом. Несколько месяцев в 1933 г. он пролежал в больнице, а потом по рекомендации медицинской комиссии уехал к родителям в Башкирию.

Поправив здоровье, М.С. Рязанский в сентябре 1933 г. переводится в Московский энергетический институт и заканчивает его с отличием в 1935 г. С декабря 1934 г. он работает инженером в Московском особом техническом бюро Наркомата обороны СССР (ОТБ, впоследствии НИИ-20 Министерства электронной промышленности). Первая работа в ОТБ – аппаратура радиооповещения (радиодозор "Радо"), защищенная Михаилом Сергеевичем в качестве дипломного проекта. Затем последовала серия систем радиоуправления самолетами и танками. Накануне войны тематика исследований изменилась. С 1939 г. в ОТБ разрабатывается радиолокационное вооружение, и он участвует в создании первого отечественного радиолокатора дальнего обнаружения целей "Пегматит". Радиолокатор был принят на вооружение и в серийное производство на нескольких заводах. Этот радиолокатор в 1943 г. удостоен Сталинской премии второй степени, и в числе других М.С. Рязанский становится ее лауреатом. В последующие годы в возглавляемом им отделе ОТБ разрабатываются радиолокатор наведения на цель и радиолокационная система наведения самолетов "Бирюза". За эти работы М.С. Рязанский награжден орденом Красной Звезды.

С 1945 г. Михаил Сергеевич принимает участие в создании радиотехнических средств для баллистических ракет, а впоследствии и для ракетно-космической техники.

После окончания войны М.С. Рязанского командируют в составе группы специальной комиссии НИИ-20 в Германию для изучения опыта создания управляемой баллистической ракеты V-2 (А-4), в том числе ее телеметрической системы. В Германии он знакомится с С.П. Королёвым, Н.А. Пилюгиным и другими выдающимися конструкторами ракетной техники.

После возвращения из Германии в декабре 1946 г. М.С. Рязанского назначают руководителем группы по созданию института радиоприборов и радиосистем для баллистических ракет и испытательных ракетных полигонов – НИИ специальной техники (НИИСТ, впоследствии НИИ-885). В НИИСТ Михаил Сергеевич проработал на руководящих постах около 40 лет. Перерыв в руководстве НИИ-885 был вызван его назначением в январе 1951 г. главным инженером НИИ-88 (головное предприятие отрасли), а в июне 1952 г. – начальником Главного управления по ракетной технике Министерства вооружения. Но должность чиновника была ему не по душе, и в 1954 г. М.С. Рязанский возвращается в НИИ-885 в качестве заместителя директора по научной работе. С 1955 г. он становится директором и Главным конструктором Института (с 1963 г. – НИИ приборостроения).

С середины 50-х гг. Михаил Сергеевич стоит во главе создания систем радиоуправления и телеметрии боевых ракет Р-1, Р-2, Р-5, Р-7 и Р-9, принятых на вооружение. В НИИ-885 создаются бортовые передатчики для первых спутников. 4 октября 1957 г. он участвует в запуске первого ИСЗ ПС-1 как член Государственной комиссии.

В 1958 г. за создание радиотехнических систем ракетно-космической техники М.С. Рязанскому присуждается ученая степень доктора технических наук. В том же году его избирают членом-корреспондентом АН СССР.

С 1965 по 1987 гг. М.С. Рязанский работает главным конструктором и заместителем директора по науке в НИИ приборостроения (ныне Российский НИИ космического приборостроения). Здесь создаются бортовые управляющие и телеметрические комплексы для всех типов пилотируемых и транспортных космических кораблей. Для управления полетом космических кораблей "Союз", "Прогресс"



и долговременных орбитальных станций "Салют" в институте разработаны командно-измерительные системы "Сатурн-МС", а для КК "Союз ТМ" и ОК "Мир" – "Квант". Институт стал головным предприятием, создавшим радиотехнические комплексы для автоматических межпланетных станций "Луна", "Венера", "Марс", "Вега" и глобальную навигационную спутниковую систему "ГЛОНАСС" (1982 г.). С начала 70-х гг. здесь разрабатывались бортовые радиоконфлекссы КА дистанционного зондирования Земли "Метеор-Природа" и космической системы "Ресурс". В Институте создано радиотехническое оборудование для спутников "Надежда", входящих в международную космическую систему спасения "КОСПАС-САРСАТ". Там же разработаны и нашли применение в космонавтике оптико-лазерные системы, оптические материалы, новые технологии, приборы и измерительные комплексы, работающие в оптическом диапазоне волн. Совместно с Министерством обороны был создан и успешно эксплуатируется наземный автоматизированный комплекс управления космическими аппаратами и орбитальными станциями. Эти направления работ – вехи творчества Михаила Сергеевича.

В апреле 1987 г. М.С. Рязанский уходит из Института в управленческий

М.В. Келдыш, С.П. Королёв и М.С. Рязанский после получения снимков обратной стороны Луны АМС "Луна-3" в октябре 1959 г.

аппарат Научно-технического совета Министерства общего машиностроения. Жизненный поворот был связан со сложными отношениями с руководством НИИ приборостроения.

Последние годы жизни Михаила Сергеевича осложнились трагическими событиями в семье. В 1981 г. умерла жена, а на следующий год погиб старший сын Владимир. Удары судьбы окончательно подорвали здоровье М.С. Рязанского – он умер 5 августа 1987 г.

За достигнутые успехи в создании ракетно-космической техники М.С. Рязанский удостоен звания Героя Социалистического Труда (1956 г.) и лауреата Ленинской премии (1957 г.). Михаил Сергеевич награжден пятью орденами Ленина, другими орденами и медалями, в том числе медалями АН СССР. На здании Московского энергетического института в память о М.С. Рязанском установлена мемориальная доска.

*Б.Н. КАНТЕМИРОВ,
кандидат технических наук*

Памяти Владимира Федоровича Уткина

15 февраля 2000 г. на 77-м году жизни скончался выдающийся ученый и конструктор, академик РАН, президент Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, директор Центрального научно-исследовательского института машиностроения (ЦНИИмаш) Российского авиационно-космического агентства Владимир Федорович Уткин.

Генеральный конструктор В.Ф. Уткин родился 17 октября 1923 г. в деревне Пустобор Рязанской области. С отличием закончил среднюю школу в 1941 г. Во время Великой Отечественной войны, с 1941-го по 1945 г., рядовой, сержант, старшина В.Ф. Уткин защищал Родину, пройдя по военным дорогам от Волхова до Берлина. Окончив в 1952 г. Ленинградский военно-механический институт, он начал свой трудовой путь в КБ «Южное» (ОКБ-586) в Днепропетровске, пройдя его от инженера до Генерального конструктора и Генерального директора Научно-производственного объединения «Южное». Под его руководством в НПО «Южное» созданы межконтинентальные ракеты стратегического назначения (Р-36М (М2) «Сатана» и РТ-23 УТТХ «Молодец») и ракетно-космические комплексы («Космос», «Циклон» и «Зенит-2»), составляющие основу обороны страны и отечественной космонавтики, которыми всегда будут гордиться Россия и страны СНГ (Земля и Вселенная, 1994, № 3).

С 1990 г. В.Ф. Уткин являлся директором ЦНИИмаш. Его незаурядный талант ученого, конструктора и организа-

тора, неиссякаемая энергия и работоспособность, активная позиция при решении сложных проблем развития отрасли и ЦНИИмаш явились неоценимым вкладом в укрепление позиций России как ведущей космической державы. При непосредственном активном участии В.Ф. Уткина разработана и реализуется Федеральная космическая программа России. Организовано и обеспечивается научно-техническое решение



ключевых проблем при создании Международной космической станции в рамках совместной деятельности международной комиссии В.Ф. Уткина – Т.П. Стаффорда и Координационного научно-технического Совета по исследованиям на пилотируемых орбитальных комплексах.

Выдающиеся заслуги В.Ф. Уткина в создании ракетно-космической техники высоко оценены государством и научной общественностью. Он действительный член РАН, Национальной академии наук Украины, Международной академии астронавтики, президент Россий-

ской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского. В.Ф. Уткин – дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий, кавалер боевых и высших трудовых наград России и Украины.

Светлая память о Владимире Федоровиче Уткине – человеке, гражданине, ученом – навсегда сохранится в сердцах всех, кто его знал и кому посчастливилось с ним работать

Научная общественность ракетно-космической отрасли России, редколлегия и редакция журнала "Земля и Вселенная".

Информация

Создание крупнейшей космической компании "Astrium"

18 октября 1999 г. произошло слияние франко-английской компании "Matra Marconi Space" с сектором ракетно-космической техники немецкого объединения DASA и итальянской фирмой "Alenia Spazio". Это привело к образованию одной из крупнейших в мире космических компаний "Astrium", четвертой по величине после американских фирм "Lockheed

Martin", "Boeing" и "Hughes Electronics". Компания "Astrium" (штат более 8 тыс. сотрудников и годовой оборот 2,75 млрд евро) способна реализовывать проекты во всех областях космической деятельности (ракеты-носители, космические аппараты гражданского и военного назначения, пилотируемые программы, наземная инфраструктура).

Вошедшая в состав "Astrium" компания "Matra Marconi Space" – головной разработчик спутников связи "Eurostar", КА дистанционного зондирования Земли ("SPOT", "Helios" и "Metop"), АМС и астрофизических обсерваторий ("Giotto", "Hipparcos", "SOHO" и "Mars Express"), а также при-

борного отсека РН "Ariane-4". В состав DASA входят фирмы "DASA RI" и "Dornier Satellitensysteme", занимающиеся проектами в области космонавтики. Они изготавливают ступени и двигатели РН "Ariane-4/5", спутники связи "GE" и "Sinosat", КА дистанционного зондирования Земли "ERS" и "Envisat", научные ИСЗ "Cluster-2", "XMM" и "Rosetta". Кроме того, "Astrium" будет заниматься коммерческим использованием российской РН среднего класса "Рокот" в рамках сотрудничества с ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

По материалам журнала "Air & Cosmos" и бюллетеня "Selection DERSI" за 1999 г.

Проблемы околоземной астрономии

Еще в начале космической эры проблемы наблюдения, отождествления и изучения эволюции орбит искусственных спутников Земли выделились в самостоятельный раздел астрономических исследований. В последние десятилетия особый интерес стали вызывать и естественные малые тела Солнечной системы, появляющиеся вблизи Земли. Причина понятна: достаточно вспомнить Тунгусский метеорит и представить последствия его падения на большой город. Со временем выяснилось, что методы наблюдений и исследований естественных и искусственных небесных тел, находящихся вблизи Земли, целесообразно объединить в новый раздел астрономии – **“Околоземная астрономия”**. Продолжается изучение природы и поведения и других малых тел Солнечной системы – астероидов, метеороидов и комет – вне зависимости от их расстояния до Земли.

С 25-го по 29 октября 1999 г. в Обнинске прохо-

дила научная конференция **“Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел Солнечной системы”**. Организатором ее был Институт астрономии РАН (ИНАСАН) при содействии Астрономического общества; участники – ряд университетов, научно-исследовательских институтов и промышленных организаций. В конференции приняли участие около 150 ученых из России, Украины и Грузии, было представлено 70 докладов и сообщений. Гостей принимал Обнинский Институт атомной энергии (ИАТЭ).

Вступительный доклад сделала доктор физико-математических наук Л.В. Рыхлова. Она перечислила задачи околоземной астрономии, особое внимание уделила экологии космического пространства. Человечество в ходе научно-технического прогресса неуклонно засоряет не только сушу, море, атмосферу Земли, но и околоземное космическое пространство (Земля и Вселенная, 1993, № 6).

Ведущую роль если не в борьбе с этим явлением, то в понимании проблемы играет околоземная астрономия.

В докладах о поведении малых тел в Солнечной системе обсуждались проблемы численного моделирования движения и динамики малых тел в околоземном пространстве, определения их орбит. Были также представлены доклады о динамике астероидов “Главного пояса”, расположенного между орбитами Марса и Юпитера, доклады по численному моделированию движения и формы этих небесных тел, об условиях их миграций в сторону Земли, об определении масс астероидов и об их наблюдениях.

Особенно много докладов посвящено проблеме экологии. Рассмотрены возможности контроля космического пространства, инструменты и методы наблюдений “космического мусора” (Земля и Вселенная, 1998, № 3), состояние и перспективы мониторинга околоземного космического прост-



Участники конференции на экскурсии в Пафнутаевский монастырь в Обнинске

ранства. Приведены оценки вероятности повреждения космических аппаратов фрагментами “космического мусора” различного происхождения, рассмотрены проблемы защиты космических аппаратов.

Большой интерес вызвали доклады, посвященные вопросам происхождения комет, астероидов и метеороидов. Особо следует отметить исследования, посвященные эволюции кометных орбит под действием выброса частиц из кометных ядер. В ряде выступлений анализировались воз-

можные механизмы формирования космического вещества в метеорных потоках. Большой вклад здесь внесли наблюдения метровых и декаметровых тел в метеорных потоках. Интересно, что для обозначения таких тел на конференции фигурировал термин “инасаны”, так как впервые они были обнаружены астрономами ИНАСА (Земля и Вселенная, 1996, № 3). Обсуждались проблемы, связанные с выпадением космического вещества на поверхность Земли. Несколько докладов было посвящено тектитам.

Предполагается, что они образуются еще в космосе, при взаимных столкновениях небесных тел.

Участники конференции подчеркнули актуальность теоретических исследований малых тел и “космического мусора” для качественных оценок области движения, распределения их в пространстве и вероятности столкновения фрагментов с Землей и с геостационарными спутниками.

*А.М. МИКИША,
кандидат технических наук
Е.С. НОВИКОВА,
аспирантка ИНАСАН*

Информация

Сколько малых тел в Солнечной системе

В связи с возросшим интересом к проблеме возможного столкновения астероидов и комет с Землей все чаще появляются оценки частоты таких событий. Одна из них приведена в докладе И.А. Герасимова и Б.Р. Мушаилова (ГАИШ МГУ), представленном на конференции “Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел Солнечной системы”, состоявшейся в Обнинске 25-29 октября 1999 г.

В Солнечной системе на расстоянии до 100 а.е. общее число малых тел размером более 1 км составляет около 1 млн, из них около 500 пересекают орбиту

Земли. Среднее время их жизни (до столкновения с одной из внутренних планет) превышает 50 млн лет. Выпадение на Землю астероида диаметром около 1 км, по-видимому, происходит в среднем чаще, чем раз в 100 000 лет.

Известно около 10 астероидов, сближающихся с Землей, размером более 5 км. По современным оценкам небесные тела такого размера могут сталкиваться с Землей не реже, чем раз в 20 млн лет.

Более велика вероятность встречи с мелкими небесными телами. Около 200 000 объектов с диаметром более 100 м могут пересекать орбиту Земли. Наша планета сталкивается с подобными телами не реже, чем раз в 5000 лет, после чего появляется кратер диаметром более 1 км.

Подавляющую часть малых тел Солнечной системы (10^{13} – 10^{14} объектов) составля-

ют кометные ядра, находящиеся на ее дальних окраинах, на расстояниях вплоть до 100 000 а.е. Пока можно обнаружить лишь самые крупные из них, входящие в пояс Койпера (Земля и Вселенная, 1999, № 5). Только наименее массивные из тел этого пояса способны мигрировать ближе к Солнцу. Вероятность столкновения кометы с Землей за время жизни одного поколения оценивается как 6 шансов из 10 млн.

При сближениях Солнца со звездами (раз в десятки миллионов лет) некоторые из далеких кометных ядер меняют свои орбиты, и тогда во внутренних частях Солнечной системы число комет может значительно возрасти (“кометные ливни”).

Тезисы докладов конференции, Обнинск, 1999

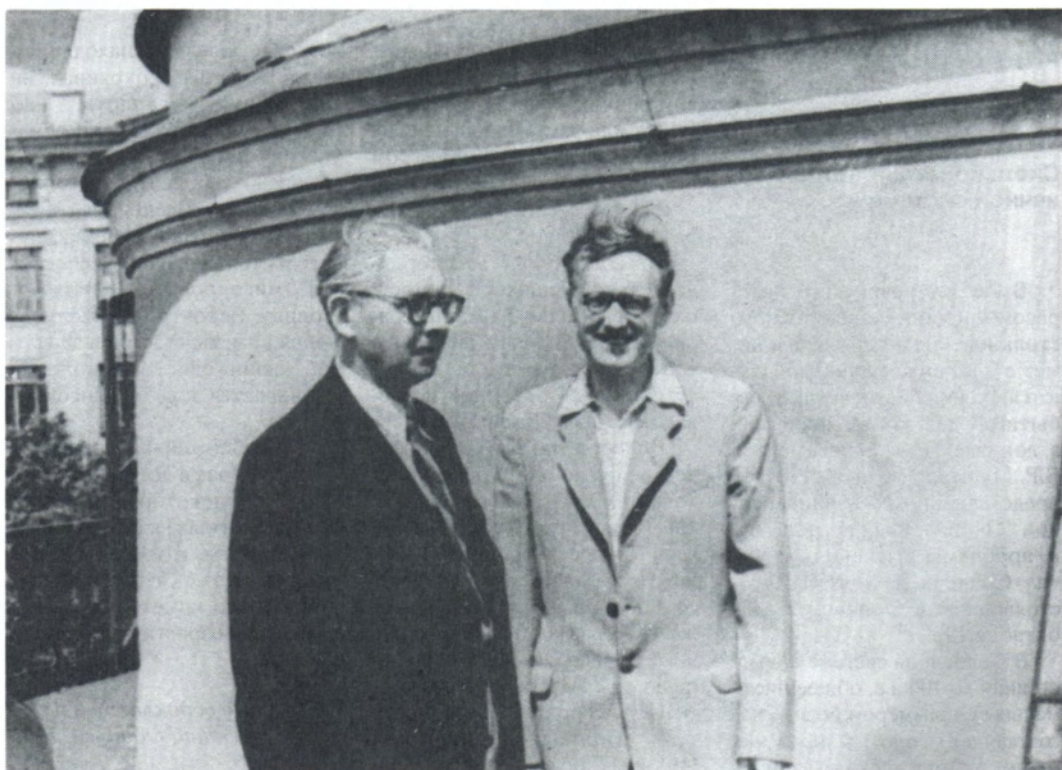
Конференция, посвященная Б.В. Кукаркину

25–29 октября 1999 г. в Москве состоялась международная конференция **“Б.В. Кукаркин: Переменные звезды – ключ к пониманию строения и эволюции Галактики”**, приуроченная к 90-летию со дня рождения Бориса Васильевича Кукаркина.

Организаторы конференции – Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ МГУ), Институт астрономии РАН (ИНАСАН) и Астрономическое общество. Конференция поддержана грантом Российского фонда фундамен-

тальных исследований. Заседания проходили в помещении ГАИШ. На конференции были представлены 11 стран СНГ,

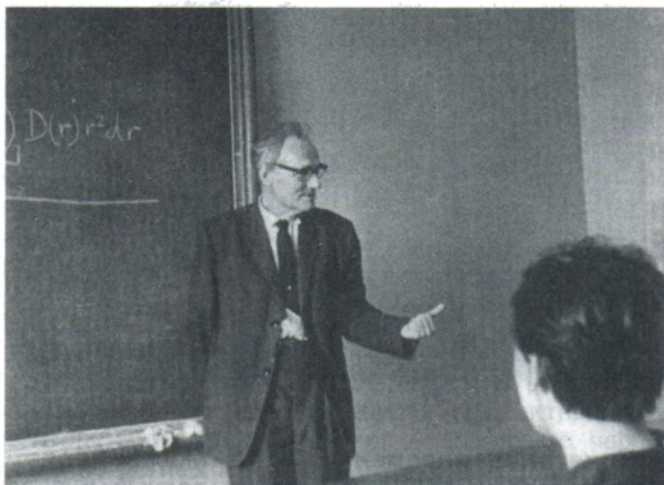
Б.В. Кукаркин и П.П. Паренго в обсерватории на Красной Пресне в Москве (середина 50-х гг.)



Балтии и дальнего зарубежья. Многие из участников хорошо знали Б.В. Кукаркина, работали с ним или были его учениками. Открыл конференцию директор ГАИШ, член-корреспондент РАН А.М. Черепашук.

Выдающийся советский исследователь переменных звезд **Борис Васильевич Кукаркин** (1909–1977) окончил Опытную-показательную школу № 1 в своем родном городе, Нижнем Новгороде, а глубокие знания в области физики, математики, астрономии приобрел самостоятельно. В 18 лет он уже становится директором обсерватории Нижегородского кружка любителей физики и астрономии, старейшего астрономического объединения на территории России, основывает бюллетень "Переменные звезды", первый и долгие годы единственный в мире журнал об исследовании переменных звезд. В профессиональную астрономию Борис Васильевич пришел в 1931 г., когда стал работать в Ташкентской обсерватории. Через год он переехал в Москву и до последних дней жизни был связан с Московским университетом, Московской обсерваторией, ГАИШ.

В годы войны Б.В. Кукаркин готовит штурманов для авиации дальнего действия, участвует в разведывательных полетах. В 1945 г. авторитет-



ный английский журнал "Observatory" опубликовал статью Кукаркина о работе советских астрономов в годы войны, в начале которой были указаны не только научные титулы, но и воинское звание автора – капитан авиации. В том же году Борис Васильевич вошел в состав группы ученых-офицеров, направленных в Германию для отбора научного оборудования, предназначенного для передачи нашей стране в счет репараций. На советских астрономических обсерваториях в военные годы были повреждены или разрушены многие инструменты, Пулковская обсерватория лежала в руинах. Привезенные из Германии телескопы помогли быстро возобновить астрономические наблюдения, а на некоторых из них успешно работают до сих пор.

Вскоре после войны Б.В. Кукаркин защитил докторскую диссертацию.

В 1952-56 гг. он был директором ГАИШ. С 1960 г. профессор физического факультета МГУ Б.В. Кукаркин возглавлял основанную Павлом Петровичем Паренаго (1906-1960) кафедру звездной астрономии (впоследствии объединенную с кафедрой астрометрии). Кукаркин вел большую работу и в Астрономическом совете АН СССР (в настоящее время – ИНАСАН), где он руководил сектором переменных звезд и в течение ряда лет был заместителем председателя Астросовета. В Международном астрономическом союзе (МАС) Б.В. Кукаркин возглавлял Комиссию 27 "Переменные звезды". В 1955-61 гг. он был первым советским астрономом на посту вице-президента МАС, где многое сделал для укрепления международного авторитета астрономии нашей страны.

Делом жизни Бориса Васильевича стал "Об-



Б.В. Кукаркин в своем рабочем кабинете в здании ГАИШ. Середина 1970-х гг.

щий каталог переменных звезд” (ОКПЗ). В 1946 г. Исполнительный комитет МАС принял решение о передаче работ по регулярному составлению каталогов переменных звезд, прежде выполнявшихся в Германии, советским астрономам. Этому предшествовали инспекционные поездки высокопоставленных представителей МАС в Москву. Гости убедились,

что в Москве ведется весьма полный и содержательный карточный каталог переменных звезд. В 1948 г. Б.В. Кукаркин и П.П. Паренаго выпустили первое издание ОКПЗ. Под руководством и при активном участии Б.В. Кукаркина было подготовлено еще два издания ОКПЗ, а также несколько каталогов звезд, “заподозренных” в переменности блеска. Сплоченный кол-

лектив составителей ОКПЗ до сих пор продолжает эту работу, требующую высокой степени научного осмысления потока информации о переменных звездах, постоянного совершенствования системы классификации переменных звезд, строгого контроля за безошибочностью вносимых в каталог данных. В 1985–95 гг. вышло пятитомное четвертое издание ОКПЗ, впервые включившее переменные звезды не только нашей, но и других галактик. Регулярно издаются списки обозначений новых переменных звезд, содержащие все больше объектов, т.к. современные автоматические методы наблюдений и их обработки привели к лавинообразному нарастанию количества выявляемых переменных звезд. В сети INTERNET создаются электронные дополнения к каталогам, доступным астрономам всего мира.

Б.В. Кукаркин одним из первых сформулировал представления о множественности “населений” нашей Галактики и других галактик. Галактические населения отличаются возрастом, пространственным распределением, кинематикой. Кукаркин



Б.В. Кукаркин и В.Б. Никонов, заведующий отделом физики звезд Крымской астрофизической обсерватории. 1973 г.

создал группу исследователей **шаровых звездных скоплений** – ключевых объектов для изучения ранних стадий существования Галактики (Земля и Вселенная, 1984, № 6). В его каталоге шаровых скоплений, изданном в 1974 г., представлены весьма удачные однородные системы параметров этих объектов.

Выведенные Б.В. Кукаркиным значения содержания тяжелых элементов в атмосферах звезд шаровых скоплений в большинстве случаев основывались на косвенных признаках (ведь о высокодисперсной спектроскопии слабых звезд шаровых скоплений тогда можно было только мечтать). Тем более удивительным представляется прекрасное согласие “кукаркинской шкалы металличностей” шаровых скоплений с современными данными.

Огромному вкладу Б.В. Кукаркина в современную астрономию, его блестящей личности было посвящено мемориальное заседание конференции. Во многом способствовали успеху этого заседания члены семьи Бориса Васильевича: жена (астроном Н.П. Кукаркина), сын (математик А.Б. Кукаркин), зять (психолог А.З. Шапиро), племянник (музыкант из Санкт-Петербурга В.А. Свободов). Внуки Бориса Васильевича, Борис и Елена Кукаркины, выступили с инсценированным рассказом Б.В. Кукаркина “Гениальность” и продемонстрировали талантливые иллюстрации Лены к

этому рассказу. О Борисе Васильевиче говорили ректор МГУ академик В.А. Садовничий, профессор А.Г. Масевич (ИНАСАН), профессор Н. Николов (Болгария), многие коллеги, друзья и ученики Бориса Васильевича. В этот же день участники конференции посетили могилу Б.В. Кукаркина на Донском кладбище.

Весьма содержательная научная программа конференции включала около 50 устных и около 30 стендовых докладов, отразивших все направления научных интересов Бориса Васильевича. Особенно много сообщений было о переменных звездах. Н.Н. Самусь (ИНАСАН) рассказал о современном состоянии работы над каталогами переменных звезд. Конференция показала высокий уровень исследований **цефеид**, ведущихся в ГАИШ, Институте астрономии Узбекиской АН, Одесской обсерватории (выступления Л.Н. Бердникова, Ю.Н. Ефремова, В.В. Игнатовой, И.А. Усенко и др.). Исследования этих звезд, значение которых для астрофизики трудно переоценить (Земля и Вселенная, 1973, № 2), проводятся фотометрическими и спектральными методами, изучаются изменения периодов, свойства группировок цефеид в соседних галактиках. Ю.А. Фадеев (ИНАСАН) представил ценный обзор теоретических работ о цефеидной полосе неустойчивости на диаграмме Герцшпрунга–Рессела.

Вызвали интерес доклады, посвященные переменным звездам других типов. В двух из них представлены результаты кооперации астрономов СНГ, организовавших фотометрическое слежение за переменной звездой V1357 Лебедя, она же – известный рентгеновский источник Лебедь X-1 (Земля и Вселенная, 1999, № 3), двойная система, содержащая компактный объект – вероятную черную дыру (Е.А. Карицкая, И.Б. Волошина, В.М. Лютый, В.П. Горанский, М.И. Кумсиашвили и др.).

Исследования переменных звезд не ограничиваются оптическим диапазоном спектра. Интересные сообщения представили радиоастроном Е.Е. Лехт (в настоящее время работающий в Мексике) и его коллеги из ГАИШ М.И. Пащенко и Г.М. Рудницкий. Звездная переменность напрямую связана с определенными стадиями звездной эволюции. Астрономы из России, Азербайджана, Узбекистана представили содержательные доклады о молодых переменных звездах типа **T Тельца** и родственных объектах. В.П. Архипова (ГАИШ) рассказала об удивительной переменной звезде FG Стрелы, в течение нескольких десятилетий медленно увеличивающей блеск, а в последние годы показавшей серию глубоких минимумов, напоминающих наблюдаемые у звезд типа R Северной Короны. Недавно найдено еще не-

сколько подобных объектов, отличающихся скоростью изменений. Вероятно, переменность типа наблюдаемой у FG Стрелы соответствует очень поздней эволюционной стадии гелиевой вспышки перед превращением звезды в белого карлика (Земля и Вселенная, 1998, № 4). В последнее время удается обнаружить свидетельства переменности самых обычных звезд. Наше Солнце – тоже, несомненно, переменная звезда. Наблюдательным проявлениям циклов активности, подобных солнечным, у звезд поздних спектральных классов был посвящен доклад Е.А. Бруевич (ГАИШ).

Авторы нескольких сообщений обратились к другим любимым объектам Б.В. Кукаркина – старым звездам, входящим в шаровые скопления и в население “толстого дис-

ка”. Астрономы ГАИШ, Вильнюсского и Ростовского университетов рассказали об определении возраста и эволюционного места этих звезд (В.В. Кравцов, С. Барташюте, В.А. Марсаков). Из этих выступлений ясно, что подход Бориса Васильевича к проблемам старых населений не только не потерял актуальности, но, в сущности, имеет современное звучание, несмотря на коренные изменения в методах наблюдений. Важное место на конференции заняли проблемы пространственного распределения, кинематики и динамики звездных населений – центральные вопросы для отечественной, в частности московской, школы звездной астрономии (Т.П. Герасименко из Уральского университета; Л.П. Осипков из СПбГУ; А.С. Расторгуев, А.А. Федорова и О.В. Чу-

мак из ГАИШ и др.). В свое время Б.В. Кукаркин предсказал революцию в астрометрии, которая теперь происходит на наших глазах, и ее значение для звездноастрономических исследований. Сегодня, в эпоху космической астрометрии, исследования строения, кинематики и динамики Галактики приобрели новую глубину, что отмечалось в докладах С.М. Копейкина (США), Н.В. Харченко (ГАО НАНУ, Киев) и др.

Многие участники конференции предложили проводить конференции по сходной научной тематике регулярно, раз в 2-3 года. Было выражено желание отметить столетие Б.В. Кукаркина симпозиумом Международного астрономического союза.

Н.Н. САМУСЬ,

доктор физико-математических наук

Информация

Минералы на поверхности Европы

Группа американских космохимиков изучала спектры излучения поверхности спутника Юпитера – Европы, полученные

приборами автоматической межпланетной станции “Галилео”.

Оказалось, что поверхностный водный лед Европы содержит двуокись серы SO_2 и двуокись углерода CO_2 (углекислый газ). Кроме того, найдены различные гидрированные минералы, по-видимому, порожденные рассолами, вытесняемыми из подледного океана Европы (Земля и Вселенная, 1999, № 1).

Неожиданностью стало присутствие перекиси водорода H_2O_2 , концентрация которой на поверхности Европы составила около 0,13% от льда водного происхождения. Предполагается, что перекись появилась вследствие облучения поверхности частицами высоких энергий, вылетающими из магнитосферы Юпитера.

Science, 1999, 283, 2062

Встреча экологов и геофизиков

В г. Архангельске летом 1999 г. была проведена международная конференция "Геодинамика и Геоэкология". Ее организовал Институт экологических проблем Севера Уральского отделения (УрО) Российской академии наук совместно с Северным комитетом по геологии и использованию недр, Государственным комитетом по охране окружающей среды по Архангельской области и Архангельским объединенным научным центром. Финансовую поддержку в организации и проведении конференции оказали Российский фонд фундаментальных исследований, ОАО "Севералмаз", внебюджетный государственный экологический фонд Архангельской области.

К участникам конференции обратился вице-президент Российской академии наук академик Н.П. Лаверов: "Геодинамика и геоэкология – новые направления в науках о Земле, возникшие в конце нынешнего столетия. Жить с Природой в

мире и согласии – это предназначение Человечества. Я уверен в том, что в новом тысячелетии Человечество, как часть Природы, сделает серьезные шаги ей навстречу и выполнит свое предназначение – жить с Природой в мире и согласии".

Организационный комитет конференции представляли директор Института экологических проблем Севера УрО РАН член-корреспондент РАН Ф.Н. Юдахин (Архангельск), директор Института геоэкологии РАН академик РАН В.И. Осипов (Москва), директор Института динамики геосфер РАН член-корреспондент РАН В.В. Адушкин (Москва), доктор геолого-минералогических наук Ю.К. Щукин (ВНИИ Геофизика, Москва).

Место встречи геофизиков и экологов выбрано не случайно. Архангельская область, ее приполярные районы и шельфы арктических морей на севере Европейской части России занимают исключительное положение по богатству минеральных

ресурсов. Среди них – нефть, газ, алмазы. Это мощная сырьевая база для развития экономики страны в следующем тысячелетии. Здесь весьма остро стоит вопрос об экологической безопасности: хранилища радиоактивных отходов соседствуют с нефтепроводами и газопроводами, многие годы функционирует ядерный полигон на Новой Земле. Наземные геоландшафтные комплексы на севере Европейской России к тому же обладают пониженной устойчивостью и малой регенеративной способностью. Поэтому наличие химических и физических техногенных потоков приводит к изменению естественных ландшафтов, к деградации природной среды.

Программа заседаний была весьма обширной и насыщенной. В работе конференции приняли участие 190 ученых, представивших 90 организаций, в том числе ведущие институты РАН, университеты, инженерно-технические вузы, научные

центры и производственные организации России, а также других стран – Белоруссии, Канады и Норвегии.

Сделано свыше 88 устных и 40 стендовых докладов. В них большое внимание уделено комплексному изучению динамики техногенных и экологических процессов в геологической среде Восточно-Европейской платформы (Европейская Россия). Подход к методике и практике мониторинга геологической среды платформенных областей в последние годы существенно изменился. Восточно-Европейская платформа и другие древние платформы теперь не рассматриваются как тектонически пассивные геодинамические системы. Обнаружилась их подвижность, особенно вблизи складчатых областей. Необходима разработка единой концепции изучения современных процессов геодинамики, сейсмичности и геоэкологии региональных и локальных объектов.

Восточно-Европейская платформа относится к слабосейсмичной зоне. Однако на этой террито-

рии проявляются интенсивные карстовые процессы, оползневые и просадочные явления, отмечается активизация сейсмичности в связи с созданием крупных водохранилищ. В понятие экологической опасности необходимо включить не только биосферные, но и геосферные процессы. Все это требует непрерывного контроля напряженно-деформированного состояния геологической среды. Большое внимание привлекают геоэкологические проблемы мегаполисов, крупных промышленных центров, инженерных сооружений (прежде всего АЭС, газопроводов, могильников радиоактивных отходов). Например, в районах интенсивной добычи нефти в Татарстане наблюдается усиление сейсмической активности; там отмечены наведенные землетрясения эндогенного и техногенного происхождения.

Среди многочисленных проблем современной экологии одна из наиболее важных – создание методов и средств защиты окружающей среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

В ряде докладов рассмотрены научно-исследовательские работы в эталонных и охраняемых природных комплексах (заказники, заповедники, национальные парки), а также проблемы создания системы просвещения на особо охраняемых территориях. В 90-е годы в российском школьном образовании появились различные экологические концепции и программы, направленные на формирование и развитие экологического сознания детей, а “уроки на природе” стали одной из форм обучения.

Для участников конференции были организованы автобусные экскурсии: на побережье Белого моря, в город строительства атомных подводных лодок – Северодвинск. Последний день ученые провели в путешествии по Северной Двине. На борту колесного теплохода “Николай Гоголь” завершены научные дискуссии и приняты основные решения Конференции.

*Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат физико-математических наук
Геофизическая служба РАН,
г. Обнинск*

Пушинская радиоастрономическая обсерватория

Р.Д. ДАГКЕСАМАНСКИЙ,
доктор физико-математических наук
Физический институт
им. П.Н. Лебедева РАН

ПРЕДЫСТОРИЯ

Подмосковный академический городок Пушкино на Оке известен как центр биологических исследований. Но не только своими замечательными биологическими институтами и учеными-биологами славен этот молодой город. Начинался он с астрономии, здесь расположено одно из крупнейших в стране астрономических учреждений, **Пушинская радиоастрономическая обсерватория** Физического института им. П.Н. Лебедева РАН (ПРАО ФИАН). Основанная во второй половине 1950-х гг., она тогда называлась Окской научной экспедицией, а затем Радиоастрономической станцией. Нынешнее название появилось сравнительно недавно – в год сорокалетия обсерватории.

“Днем рождения” ПРАО принято считать 11 апреля 1956 г. Именно этим днем датировано Распоряжение Совета Министров СССР, разрешающее *“Академии наук СССР построить в Серпуховском районе здание радиоастрономической станции ФИАН и установить на этой станции радиотелескоп”*. Этому предшествовало славное десятилетие зарождения и становления отечественной радиоастрономии, колыбелью которой по праву считается ФИАН.

В 1946 г. В.Л. Гинзбург предсказал, что радиоразмер Солнца на метровых волнах должен заметно превосходить размеры оптического диска. В 1947 г. это подтвердила экспедиция к берегам Бразилии, организованная по инициативе академика Д.Д. Папалекси для наблюдения полного сол-

нечного затмения. Окрыленные первым успехом, сотрудники лаборатории колебаний ФИАН организуют несколько постоянно действующих экспедиций в Крыму, где сооружают первые отечественные радиотелескопы и получают блестящие научные результаты – открывают **сверхкорону Солнца** и обнаруживают **поляризацию радиоизлучения Крабовидной туманности**. Именно там, сначала под руководством профессора С.Э. Хайкина, а затем В.В. Виткевича, формируется коллектив фиановских радиоастрономов первого поколения. Позднее В.В. Виткевич вспоминал:

“В 1948 г., когда я начал работать в ФИАНе, группа радиоастрономов состояла из научных сотрудников С.Э. Хайкина, Б.М. Чихачева, Лихтера и радиотехника М.В. Кома-

рова. В последующие 2–3 года к этой группе присоединились Т.И. Гавриленко, С.А. Зайцев, П.Д. Калачев, М.Т. Левченко, Г.В. Рыбаков. Все эти люди (во главе с С.Э. Хайкиным) образовывали сектор радиоастрономии, входящий в состав лаборатории колебаний, руководимой академиком М.А. Леонтовичем. В то время главными объектами радиоастрономических исследований были Солнце и Галактика (как целое). О существовании большого числа маленьких источников еще не подозревали. Все основные наблюдения проводились в Крыму (на г. Кошка, г. Ай-Петри, в Алуште). Здесь использовались антенны радиолокаторов (первые отечественные радиотелескопы еще только разрабатывались). Большую роль сыграла антенна трофейного радиолокатора "Большой Вюрцбург" (диаметром 8 м), смонтированная под руководством П.Д. Калачева. На ней были проведены первые важные работы по исследованию Солнца, Луны и изучению прохождения радиоволн через атмосферу.

В 1951 г. были проведены первые в стране наблюдения дискретного источника радиоионизации, а именно Крабовидной туманности. Этим наблюдениям в значительной степени мешало мощное радиоионизационное излучение находящегося рядом Солнца. Тогда и было решено использовать это "соседство" для исследований

околосолнечного пространства методом просвечивания.

Самой крупной экспериментальной базой в Крыму была научная станция в Кацивели. Еще в 1953 г. на территории станции не было ни одного инструмента. Однако буквально за 3–4 года в нашей мастерской под руководством П.Д. Калачева, при участии М.М. Тяпкина и группы квалифицированных механиков было создано большое количество современных радиотелескопов. Это и земляные чаши (диаметром 30 м) метрового диапазона, и деревянные неподвижные антенны для исследований сверхкоротных Солнца и ионосферы Земли, и интерферометры с переменной базой на волны сантиметрового и дециметрового диапазонов, и антенна спектрографа, и, наконец, большая земляная чаша (диаметром 32 м) на сантиметровые волны.

Наблюдения, проведенные на этих антеннах, были очень крупным вкладом в радиоастрономию тех лет. Однако они же показали, что дальнейшее развитие радиоастрономии не может продолжаться в Крыму; во-первых, потому что невозможно было создать большой телескоп с высокой чувствительностью на сравнительно небольших участках территории Крымской станции и, во-вторых, из-за наличия большого уровня помех. Вот тогда и было решено создать крупную экспе-

риментальную базу радиоастрономии на правом берегу Оки, близ г. Серпухова".

ПЕРВЫЕ ШАГИ НА ПУЩИНСКОЙ ЗЕМЛЕ

В конце 1956 г. в районе деревень Пушино и Харино, на правом берегу Оки, примерно в 15 км от Серпухова, высадился первый десант фиановских радиоастрономов. Несмотря на отсутствие благоустроенного жилья, надежного сообщения даже с ближайшим городом Серпуховом, да и многие другие трудности, работа шла быстрыми темпами. В том же году была произведена закладка фундамента, и начато строительство первого крупного радиотелескопа, полноповоротного 22-метрового параболического радиотелескопа миллиметровых волн – РТ-22 ФИАН. В 1957 г. приступили к созданию другого инструмента – гигантского крестообразного радиотелескопа метровых волн, состоящего из двух параболических полуцилиндров размером 1000 м × 40 м каждый.

Параллельно со строительством крупнейших для своего времени радиотелескопов и созданием для них приемной аппаратуры здесь велись наблюдения и на небольших установках, в частности по ставшей уже тогда традиционной программе исследования сверхкоротных Солнца методом "просвечивания" ее радиоионизационным Крабовидной

туманности. К концу 50-х гг. в Пушино жили и работали ныне хорошо известные астрономы Ю.П. Илясов, В.И. Слыш, А.А. Корчак, М.В. Конюков и Р.И. Носкова. Общий тон и ритм работы в те годы задавался ведущими сотрудниками сектора радиоастрономии лаборатории колебаний ФИАН, такими как В.В. Виткевич, П.Д. Калачев, Д.В. Ковалевский, А.Д. Кузьмин, А.Е. Саломонович и другие. Работа по созданию уникальных радиотелескопов продвигалась успешно. В мае 1959 г., менее чем через три года после высадки "первого десанта", на месте большого пахотного поля стоял готовый к наблюдениям красавец **РТ-22**. Об одном из пионеров отечественной радиоастрономии, В.В. Виткевиче, уместно рассказать подробнее.

**ОСНОВАТЕЛЬ И ПЕРВЫЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ ОБСЕРВАТОРИИ**

Виктор Витольдович Виткевич родился 2 июля 1917 г. в г. Клин Московской области. Отец его, преподаватель средней школы, в конце 30-х гг. был профессором Тимирязевской академии в Москве. После окончания школы-семилетки и первого курса радиотехникума, в 1933-39 гг. В.В. Виткевич учился на радиофакультете Московского



института инженеров связи. Дипломный проект, руководителем которого был профессор Семен Эммануилович Хайкин, он защитил на отлично.

Научную работу В.В. Виткевич начал еще студентом. Его первая статья по экспериментальному и теоретическому исследованию синхронизации мультивибраторов опубликована в журнале "Электросвязь". По окончании учебы он работает в ЦНИИ Министерства связи (г. Москва), а в 1940 г. поступает в безотрывную аспирантуру Института связи, где его руководителем вновь стал С.Э. Хайкин. В ЦНИИМСе В.В. Виткевич начал исследования атмосферных и космических радиопомех линиям радиосвязи. В короткий срок он разработал, изготовил и вывез для измерений в Голицино многоканальный изме-

ритель интенсивности атмосферных и космических радиопомех, но война прервала работу.

Весною 1941 г. В.В. Виткевич выдвинут в число кандидатов на Сталинскую стипендию. Он представил рукописи 12 научных статей. Но уже в июле 1941 г. В.В. Виткевич призван в Военно-Морской Флот. В звании младшего лейтенанта, в должности командира взвода и начальника учебной части школы радистов В.В. Виткевич начал службу в 200-м батальоне связи ВВС Тихоокеанского флота. Его способности и стремление заниматься научной, исследовательской работой не остались незамеченными, и в 1942 г. В.В. Виткевича переводят в Научно-испытательный институт связи и телемеханики ВМС (Москва – Ленинград). Здесь он испытыва-

ет новую радиоаппаратуру. По его инициативе ставятся опыты по изучению диаграмм направленности антенн на моделях. Параллельно В.В. Виткевич учится в аспирантуре физического факультета МГУ, и в 1944 г. защищает кандидатскую диссертацию по исследованию синхронизации разрывных автоколебательных систем.

Демобилизовавшись из ВМФ в 1947 г., В.В. Виткевич поступает на работу в Секцию радиотехники Отделения технических наук АН СССР, а в начале 1948 г. переходит в Физический институт им. П.Н. Лебедева. Сначала в составе небольшой группы, руководимой профессором С.Э. Хайкиным, затем в качестве руководителя группы, заведующего сектором и, наконец, заведующего лабораторией В.В. Виткевич трудится в области радиоастрономии.

Сначала В.В. Виткевич занимается изучением природы различного рода всплесков радиоизлучения Солнца. Но подлинную известность принесли ему исследования внешних слоев солнечной короны. В 1951 г. он предложил новый метод исследования внешних слоев солнечной короны – метод просвечивания. В ходе радиоинтерферометрических наблюдений Крабовидной туманности выяснилось, что при сближении на небесной сфере Солнца и источника (минимальное угловое расстояние между ними составляет четыре солнечных

радиуса) уменьшается амплитуда интерференционной картины. Это явление В.В. Виткевич объяснил эффектом увеличения видимого углового размера "Краба" из-за рассеивания его излучения на неоднородностях электронной концентрации самых внешних областей солнечной короны, названных им **сверхкороной Солнца**.

Следует заметить, что одновременно с ФИАН исследования сверхкороны Солнца вел Э. Хьюиш в Кембридже (Великобритания). Это заочное соревнование, продолжавшееся в течение многих лет, сыграло, несомненно, положительную роль в изучении физики сверхкороны Солнца, а тот факт, что выдающиеся ученые попеременно опережали друг друга то в получении новых наблюдательных данных, то в их интерпретации, нисколько не умаляет роли каждого из них.

С основанием Окской научной станции центр тяжести работ по исследованию сверхкороны Солнца переместился на пушинскую землю. Здесь В.В. Виткевич и Б.Н. Пановкин провели наблюдения, показавшие, что магнитное поле в сверхкороне Солнца имеет преимущественно радиальный характер. Открытие и последующие исследования сверхкороны Солнца составили основу докторской диссертации, защищенной в МГУ в 1964 г.

С 1968 г. научная деятельность В.В. Виткевича почти целиком посвящена исследованию пульса-

ров. Сразу же после сообщения об их открытии (все той же группой Э. Хьюиша) начались наблюдения этих объектов на радиотелескопе ДКР-1000. В течение короткого времени была получена серия блестящих результатов: измерены **поляризация радиоизлучения пульсаров, напряженность галактического магнитного поля**, обнаружен дрейф импульсов у пульсара 0809+74, открыт **первый пушинский пульсар** PP 0943. Под руководством В.В. Виткевича был спроектирован новый радиотелескоп БСА и начато его строительство. Сегодня это один из самых чувствительных в мире радиотелескопов метрового диапазона волн.

В.В. Виткевич ушел из жизни в 1972 г. в расцвете творческих сил. Но то, что ему удалось сделать за 25 лет работы в ФИАНе, трудно переоценить.

НАБЛЮДЕНИЯ НА РТ-22

Сегодня Пушинская радиоастрономическая обсерватория – крупнейшая экспериментальная база отечественной радиоастрономии. Ее основу составляют радиотелескопы метрового диапазона ДКР-1000 и БСА ФИАН, прецизионный радиотелескоп РТ-22 и специализированный радиотелескоп для исследований межпланетной плазмы РВК-151. Большую роль в обеспечении наблюдений играет высокоточная служба времени.

Созданный в конце 50-х гг. радиотелескоп РТ-22 в течение многих лет обладал рекордным угловым разрешением. Предложенный и реализованный главным конструктором телескопа П.Д. Калачевым оригинальный принцип подвески и распределения нагрузок главного 22-м зеркала инструмента свел к минимуму тепловые деформации конструкции и деформации, обусловленные изменением ее ориентации в пространстве. Результирующие уклонения поверхности главного зеркала от расчетного параболоида вращения составили около 0,3 мм, что позволило эффективно работать на волне 8 мм с угловым разрешением менее 2'. В то время такими параметрами не обладал ни один из одиночных радиотелескопов мира. Лишь в 1966 г. по чертежам П.Д. Калачева был сооружен еще один 22-м радиотелескоп, РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории, с улучшенными параметрами.

Уникальное качество РТ-22 и его высокая чувствительность позволили выполнить многие пионерские работы по построению радиоизображений Солнца и отождествлению радиопятен с флоккулами и другими активными образованиями на его поверхности, ис-



следовать физические характеристики поверхности слоев Луны, атмосферы и поверхности Венеры, Марса, Юпитера, Меркурия, Сатурна и Урана, обнаружить радиоизлучение одного из спутников Юпитера Каллисто. По наблюдениям на РТ-22 А.Д. Кузьмин составил каталог радиоисточников на сантиметровых волнах, первым доказал существование высокочастотного завала в спектре радиоизлучения радиогалактики Лебедь

А, что позволило получить относительно надежную оценку ее возраста.

Наконец, в 1963 г. Р.Л. Сороченко с сотрудниками впервые наблюдали на РТ-22 **рекомбинационную радиолинию водорода**. Обусловленная переходами электрона с 91-го на 90-й уровень атома водорода, эта линия наблюдалась в спектре туманности Омега на волне около 3 см. На протяжении многих лет исследования излучения газо-



вых туманностей в рекомбинационных радиотелескопах атомов водорода, гелия и углерода на волнах 5 см, 3 см, 1,3 см и 0,8 см были основным направлением работ на радиотелескопе РТ-22 ФИАН. **Проблема штарковского уширения линий, анализ физических условий в газовых туманностях и областях звездообразования, оценка относительного обилия гелия** – далеко не полный перечень задач, решению которых способствовали результаты наблюдений рекомбинационных радиотелескопов межзвездных атомов.

РАДИОТЕЛЕСКОП ДКР-1000

Второй из крупных радиотелескопов Пушинской радиоастрономиче-

ской обсерватории – **Диапазонный крестообразный радиотелескоп (ДКР-1000)**, введенный в строй в конце 1964 г. Инструмент состоит из двух параболических полуцилиндров с апертурой 40×1000 м каждый, вытянутых с востока на запад и с севера на юг. В отличие от лучших зарубежных инструментов такого типа ("крест Милса" в Молонгло, Австралия, и "итальянский крест" в Болонье), созданных несколькими годами позже и работающих на фиксированной длине волны, на ДКР-1000 возможны одновременные наблюдения на любых волнах в диапазоне от 2,5 м до 10 м. В числе первых работ, выполненных на ДКР-1000 в середине 60-х гг., – наблю-

Антенна Восток-Запад диапазона крестообразного радиотелескопа ДКР-1000

дения большой выборки радиоисточников на частотах 38, 60 и 86 МГц, приведшие к обнаружению зависимости спектрального индекса от плотности потока для внегалактических радиоисточников, а также исследования окосолнечной и межпланетной плазмы по наблюдениям мерцаний компактных радиоисточников. В конце 60-х – начале 70-х гг. при синхронных наблюдениях на антенне Восток-Запад ДКР-1000 и на двух радиотелескопах меньшего размера, специально сооруженных близ г. Пере-



Антенна Север-Юг диапазонно-го крестообразного радиотелескопа ДКР-1000

славля-Залесского (Ярославская обл.) и г. Старица (Калининская обл.), впервые в мире была измерена скорость солнечного ветра на сравнительно близких к Солнцу расстояниях и на высоких гелиоширотах. Наряду с этим был определен характерный размер неоднородностей, вызывающих мерцания источников.

В самом начале 70-х гг. на радиоантенне Восток-Запад телескопа ДКР-1000 выполнены **наблюдения центра нашей Галактики** на нескольких длинах волн. При этом обнаружено несколько но-

вых остатков сверхновых в непосредственной близости от центра Галактики, исследовано распределение межзвездного газа в пределах 200 пк от ее ядра. Позднее, в 70-е–80-е гг. на радиоинтерферометре с переменной базой, основным элементом которого служила антенна Восток-Запад ДКР-1000, были измерены параметры структуры около 150 радиоисточников на частоте 86 МГц с угловым разрешением около $20''$. Данные о структуре некоторых радиоисточников с еще более высоким угловым разрешением (примерно до $0,1''$) получены по наблюдениям мерцаний этих источников на неоднородностях межпланетной плазмы.

ДКР-1000 как нельзя

лучше подошел для исследования **радиоизлучения пульсаров**. Уже в середине 1968 г. был открыт первый пушинский пульсар PP 0943. За несколько лет получены важные результаты в **исследовании спектров индивидуальных и усредненных импульсов пульсаров, частотной зависимости поляризации их излучения, изменений профилей импульсов с частотой**. Обнаружено **сверхдисперсионное запаздывание импульсов** пульсаров на низких частотах, вызванное деформацией магнитных силовых линий дипольного поля в районе "светового цилиндра", где линейная скорость вращения магнитосферы приближается к скорости света.

Использование антенны Север-Юг ДКР-1000 не было столь интенсивным. Заметим, что то же самое можно сказать и о других упомянутых выше крестообразных радиотелескопах. Причина кроется в трудностях обеспечения надежного функционирования сложной фазированной системы, работающей в широком диапазоне частот. Но для задач, требующих большого времени накопления сигнала, эта антенна, обладающая широкой диаграммой направленности по прямому восхождению, оказывается достаточно выгодной. Именно на ней выполнены наблюдения низкочастотных **рекомбинационных радиолиний углерода** в спектре остатка Сверхновой Кассиопея А. Так, при наблюдениях радиолиний, обусловленных переходами не только между соседними энергетическими уровнями атома (α -переходы), но и переходами электронов через один уровень (β -переходы), на антенне Север-Юг ДКР-1000 удалось зарегистрировать атомы углерода, находящиеся в энергетических состояниях с главными квантовыми числами $n \approx 750$! Эти высоковозбужденные состояния атомов, судя по всему, очень близки к предельно возможным устойчивым состояниям, определяемым взаимодействием атомов углерода с фоновым излучением Галактики. Заметим, что размер такого атома оказывается настолько большим, что за

время его жизни в столь возбужденном состоянии он неоднократно пронизывается атомами водорода, практически не оказывающими на него возмущающего действия.

БОЛЬШАЯ СКАНИРУЮЩАЯ АНТЕННА

Обнаружение **мерцаний компактных радиоисточников на неоднородностях межпланетной плазмы**, а затем и открытие пульсаров показали, что эффект “путаницы”, обусловленный конечной разрешающей способностью радиотелескопа и вызывающий на записях источников специфические флуктуации нешумового характера, не играет существенной роли при решении некоторых важных наблюдательных задач. В таких наблюдениях можно использовать большие радиотелескопы с заполненной апертурой и нет необходимости прибегать к сооружению крестообразных антенн или других инструментов подобного типа. Поэтому в самом конце 60-х приняли решение о создании в Пушино еще одного радиотелескопа метровых волн – **Большой сканирующей антенны (БСА) ФИАН**. Построенный за сравнительно короткий срок и на небольшие средства, этот радиотелескоп площадью 7,2 га, состоящий из более 16 тыс. диполей, и сегодня обладает рекордной чувствительностью в метровом диапазоне волн.

Наблюдения на длине волны около 3 м ($\nu = 102$ МГц) начаты на БСА в 1974 г. Высокая чувствительность дает возможность проводить **ежедневные наблюдения мерцаний** на неоднородностях межпланетной плазмы для почти 150 компактных радиоисточников. Эти, патрульные по сути, наблюдения за состоянием межпланетной среды отслеживают динамику возмущений, распространяющихся от Солнца к внешним границам Солнечной системы, и используются для краткосрочного прогнозирования различных видов геомагнитных возмущений. Регулярное картографирование состояния межпланетной плазмы на протяжении нескольких десятков лет выявило **зависимость основных параметров солнечного ветра от фазы цикла солнечной активности**. В последние годы мониторинг состояния межпланетной плазмы реализуется в ПРАО на специально ориентированной на эту задачу антенне РВК-151, работающей на частоте 151 МГц ($\lambda \approx 2$ м).

Наблюдения мерцаний компактных радиоисточников на неоднородностях межпланетной плазмы несут информацию как о состоянии среды, через которую распространяется излучение радиоисточников, так и о структуре самих источников. Вариации интенсивности излучения, обусловленные мерцаниями, для “точечного” источни-



Большая сканирующая антенна
(БСА) ФИАН

ка определяются спектром угловых размеров неоднородностей и скоростью движения дифракционной картины относительно наблюдателя. Однако при наблюдениях источника с размерами, сравнимыми с угловыми размерами неоднородностей или больше их, спектр вариаций будет уже, да и амплитуда их будет меньше, чем у источника с той же плотностью потока, но меньших размеров. Поэтому по измерениям спектров мерцаний радиоисточников можно судить о присутствии в них компактных деталей, интенсивности

этих деталей и об их характерных размерах. Такие наблюдения были выполнены на БСА для нескольких сотен внегалактических радиоисточников разных классов, что позволило установить степень их компактности, оценить **физические условия в центральных областях галактик** различных типов, а также исследовать **распределение компактных радиоисточников во Вселенной**.

По наблюдениям на БСА построена функция радиосветимости скоплений галактик и определены особенности **радиоизлучения "рентгеновских" скоплений**, богатых горячим межгалактическим газом. Наблюдения туманности Андроме-

ды выявили, что у этой спиральной галактики имеется протяженное радиогало, ответственное за большую часть ее излучения на низких радиочастотах.

Основная же масса интересных результатов была получена на БСА при исследовании пульсаров. Рекордная для метрового диапазона чувствительность позволяет регистрировать практически все известные пульсары северного неба. По данным с БСА и других радиотелескопов составлен каталог усредненных профилей импульсов на нескольких частотах для более чем 150 пульсаров. Выявлены пульсары с несколькими устойчивыми модами излучения. У наиболее мощных пульсаров

удается регистрировать индивидуальные импульсы излучения и всесторонне исследовать их микроструктуру с высоким временным разрешением.

Очень плодотворными оказались **одновременные** наблюдения пульсаров на нескольких далеко разнесенных частотах с точной временной привязкой. Такие наблюдения были выполнены для большого числа пульсаров с использованием БСА (а в ряде случаев и антенны Восток–Запад ДКР-1000) и зарубежных радиотелескопов, работающих на более высоких частотах. Обнаружены **отклонения от дипольной структуры магнитного поля пульсаров** как на относительно малых высотах над поверхностью пульсара, где проявляются мультипольные составляющие, так и на больших высотах, непосредственно примыкающих к зоне светового цилиндра. В частности, измеренная по наблюдениям на ДКР-1000 и БСА ФИАН величина запаздывания низкочастотных импульсов относительно времени прихода тех же импульсов на высоких частотах свидетельствует о скручивании магнитных силовых линий дипольного поля пульсара в зоне светового цилиндра, обусловленном реакцией поля на вращение пульсара и взаимодействием его с окружающей плазмой.

Очень интересные результаты можно получить при высокоточном хронометрировании прихода

импульсов пульсаров. Такая работа ведется в ПРАО на протяжении, по крайней мере, 10 лет, а для некоторых пульсаров и более 20 лет. Наблюдаемые в редких случаях у некоторых пульсаров сбои периодов дают уникальную возможность исследования **внутреннего строения нейтронных звезд** (Земля и Вселенная, 1992, № 3). С другой стороны, медленно меняющиеся по квазисинусоидальному закону остаточные уклонения времени прихода импульсов указывают на существование у пульсара спутника или на прецессию его оси вращения.

Развитие пульсарных исследований потребовало создания в обсерватории высокоточной службы времени, которая смогла бы обеспечить привязку наблюдаемых импульсов к шкале всемирного времени с точностью до 10^{-7} с. Она обеспечивает все ведущиеся в обсерватории исследования на протяжении вот уже 20 лет. Поскольку пульсары представляют собой космические источники импульсного излучения с очень стабильной частотой следования импульсов, группа сотрудников ПРАО совместно с сотрудниками из ВНИИФТРИ Госстандарта СССР предложила в 1974 г. новую **Пульсарную шкалу времени**. Эта идея была одобрена в том же году комиссией МАС. В настоящее время такая шкала ведется несколькими обсерваториями мира, в том

числе и ПРАО ФИАН. Точность пульсарной шкалы существенно возросла после открытия **“миллисекундных” пульсаров**. На интервалах примерно в год эта точность становится выше точности шкалы, основанной на лучших атомных стандартах. Существенное преимущество пульсарной шкалы времени составляет ее независимость от конкретных событий, происходящих в пункте ее ведения, а также возможность построения шкалы на основе нескольких эталонов, далеко отстоящих друг от друга даже по космическим масштабам.

Несмотря на то, что основные инструменты ПРАО были созданы много лет назад, их научный потенциал продолжает расти. Этому способствует большая работа всего коллектива обсерватории по поддержанию и развитию уникальной экспериментальной базы ПРАО. Совершенствование систем облучения и управления диаграммами направленности радиотелескопов, разработка и изготовление новых усилителей, радиометров и анализаторов спектра, автоматизация процесса наблюдений, создание локальной вычислительной сети обсерватории и обеспечение компьютерной связью с внешним миром – все это непрерывно повышает эффективность работы и обеспечивает получение наблюдательных результатов самого высокого уровня. К их числу можно отнести

открытие планетной системы около пульсара 0329+54 с массой планеты около $2 M_{\text{Земли}}$, расположенной на расстоянии в 7 а.е. от пульсара, обнаружение **радиоизлучения** известного **рентгеновского источника Геминга** и исследование его импульсного излучения на нескольких частотах (Земля и Вселенная, 1998, № 6), обнаружение необычных изменений периода следования импульсов пульсара PSR B1822-09 и, наконец, самый "свежий" результат – обнаружение **импульсного радиоизлучения магнетара SGR 1900+14** (Земля и Вселенная, 1999, № 2). Он был получен на радиотелескопе БСА ФИАН сразу после выполнения очень большой работы коллектива по перестройке этого инструмента на новую частоту 111 МГц, предпринятой из-за появления в прежнем рабочем диапазоне телескопа множества вездельных радиостанций.

В СОСТАВЕ АКЦ ФИАН

До 1990 г. Радиоастрономическая станция ФИАН представляла собой основную часть Отдела радиоастрономии ФИАН. В 1990 г. в ФИАНе на правах одного из научных отделений Института был создан **Астрокосмический центр (АКЦ)**, в со-



став которого вошли Отдел радиоастрономии ФИАН и Отдел астрофизики Института космических исследований РАН, возглавляемый академиком Н.С. Кардашевым. Без сомнения, объединение оказалось полезным для обоих коллективов. В частности, научная тематика обсерватории (теперь ПРАО АКЦ ФИАН) обогатилась исследованиями компактных радиоисточников методами **радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ)**, включая и

наземно-космическую интерферометрию. Сейчас радиотелескоп РТ-22 оснащен всей необходимой аппаратурой для работы в сети РСДБ. Сотрудники созданной в ПРАО лаборатории РСДБ принимают участие в наземных РСДБ-экспериментах и в наблюдениях по программе наземно-космического интерферометра VSOP/HALCA. Сооружается полигон для испытаний будущих космических радиотелескопов, первым из которых будет 10-м радиотеле-



Участники конференции "Астрофизика на рубеже веков" (17-21 мая 1999 г.) у входа в главное здание ПРАО

скоп, предназначенный для установки на борту космического аппарата "Спектр-Радиоастрон".

После организации АКЦ ФИАН заметно расширились научные контакты ПРАО с другими астрономическими учреждениями в нашей стране и в мире. В последние годы совместные наблюдения и исследования ведутся с НИРФИ (Нижний Новгород), ГАИШ и физическим факультетом МГУ, ОКБ МЭИ, Радиоастрономическим институтом Национальной АН Украины (Харьков, Одесса), Абастуманской

астрофизической обсерваторией АН Грузии, Институтом радиоастрономии Научного общества М. Планка (Германия), Национальной радиоастрономической обсерваторией и NASA (США), с австралийскими, английскими и японскими коллегами. В последние годы заметно расширился круг участников ежегодных конференций по актуальным проблемам внегалактической астрономии, организуемых ПРАО совместно с Астрономическим институтом СПбГУ. Здесь ежегодно проводятся школы-семи-

нары молодых радиоастрономов из стран СНГ. На высоком научном уровне проходят ежегодные научные сессии АКЦ ФИАН. Сегодня Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН – одно из крупнейших астрономических учреждений страны, располагающее не только уникальными радиоастрономическими инструментами, но и коллективом квалифицированных специалистов, способным решать сложнейшие проблемы наблюдательной радиоастрономии.

Информация

Белые карлики в шаровых скоплениях

Астрономы давно предполагали, что белые карлики должны быть в шаровых скоплениях, но только с помощью Космического телескопа им. Хаббла в некоторых ближайших шаровых скоплениях удалось обнаружить слабые звездоподобные объекты, по своей яркости и цвету схожие с белыми карликами. Чтобы убедиться, что это действительно белые карлики, требовалось получить их спектры, но это оказалось не под силу даже Космическому телескопу.

В ночь с 3 на 4 сентября 1999 г. Очень Большой Телескоп Европейской Южной Обсерватории направили на шаровое скопление NGC 6397, находящееся в созвездии Жервенника (расстояние от Солнца – 8000 св. лет). Астрономы хотели получить спектры очень слабых объектов 23^m – 24^m . Даже при комбинации 8,2-м зеркала ANTU и прибора ФОРС-1 (Земля и Вселенная, 1999, № 1) понадобилась экспозиция 90 мин при превосходных условиях видимости (диск дрожания 0,55").

На одном снимке с помощью мультиобъектного спектрометра MOS были получены спектры нескольких слабых объектов. У четырех из них оказался спектр, типичный для белых карликов, с широкими линиями поглощения водоро-

да. Анализ линий позволил определить температуру и ускорение силы тяжести на поверхности.

Температура поверхности самого яркого из белых карликов (WF4-358) оказалась 18 000 K, а его масса – $0,36 M_{\odot}$. У остальных масса составляла около $0,50 M_{\odot}$. Это меньше, чем средняя масса белых карликов в окрестностях Солнца ($0,55$ – $0,65 M_{\odot}$).

Наблюдения на ОБТ белых карликов в NGC 6397 и еще в двух шаровых скоплениях, где КТХ обнаружил "подозрительные" объекты, будут продолжены. Их изучение позволит значительно уточнить оценки расстояний до шаровых скоплений и их возраст.

ESO Press Release 20/99, 16
December 1999

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: июль – август 2000 г.

Самая примечательная особенность июля 2000 г. – **три** затмения: два солнечных и одно лунное. Первое из них, частное **солнечное затмение 1 июля**, будет видно на крайнем юге Южной Америки и в южной части Тихого океана.

Следующее, **полное лунное затмение 16 июля**, будет темным и длительным, т.к. Луна окажется очень близко к узлу своей орбиты и пройдет практически через центр земной тени. Продолжительность полной фазы почти максимальна для лунных затмений – около 107 мин. На территории России затмение будет видно с начала до конца только в дальневосточных районах, к востоку от линии Тынды – Певек (начало полного затмения с восходом Луны – к востоку от линии Иркутск – Певек). Наилучшие условия для наблюдения в Приморском крае. На остальной территории Сибири будут видны его заключительные этапы.

Частное солнечное затмение 31 июля будет видно в северной части земного шара, в том числе и в России: центральных, северных и восточных районах Европейской части, на Урале и севере Сибири. На севере и востоке Европейской части России и на Урале затмение с небольшой фазой будет видно на восходе Солнца. Далее лунная тень сместится к северо-востоку, и затмение, тоже с небольшой фазой, будет видно на севере Сибири. В центре Европейской части России Солнце взойдет лишь за несколько минут до окончания затмения, в частности в Москве Солнце взойдет 1^ч33^м UT уже на

Таблица 1

Обстоятельства лунного затмения 16 июля 2000 г.

Вступление Луны в полутень	10 ^ч 46,4 ^м UT
Начало частного теневого затмения	11 ^ч 57,0 ^м
Начало полного теневого затмения	13 ^ч 01,9 ^м
Момент наибольшей фазы (1,770)	13 ^ч 55,6 ^м
Конец полного теневого затмения	14 ^ч 49,3 ^м
Конец частного теневого затмения	15 ^ч 54,1 ^м
Выход Луны из полутени	17 ^ч 04,7 ^м
Угловой радиус Луны	14 [′] 43,23 [″]
Угловой радиус земной тени	39 [′] 11,70 [″]
Угловой радиус земной полутени	1°11 [′] 17,88 [″]
Наибольшая фаза	2,87
Созвездие	Стрелец

убывающей фазе затмения (0,07). Почти такая же ситуация будет в Санкт-Петербурге: Солнце взойдет в 1^ч38^м UT на фазе 0,19 и через 14 мин затмение здесь закончится. Наибольшая фаза в России (0,41) будет на северо-западе Мурманской области. Начало затмения – 00^ч37,4^м, наибольшая фаза (0,603) – 02^ч13^м02^с в море Баффина, конец – 03^ч48,9^мUT.

Из других интересных астрономических событий отметим **покрытие** Луной

Астрономические события в июле – августе 2000 г.

Дата	Время UT	Событие
Июль 1	15 ^h 48 ^m	Марс в соединении с Солнцем
Июль 1	19 ^h 22 ^m	Новолуние
Июль 1	19 ^h 32,5 ^m	Частное солнечное затмение , невидимое в России
Июль 1	22 ^h 17 ^m	Луна в перигее (357362 км)
Июль 2	18 ^h 05 ^m	Луна в восходящем узле
Июль 3	23 ^h 49 ^m	Земля в афелии
Июль 6	11 ^h 36 ^m	Меркурий в нижнем соединении
Июль 8	12 ^h 54 ^m	Луна в первой четверти
Июль 15	15 ^h 33 ^m	Луна в апогее (406200 км)
Июль 16	13 ^h 55,6 ^m	Полное лунное затмение , видимое на юго-востоке России
Июль 16	13 ^h 57 ^m	Полнолуние
Июль 16	14 ^h 33 ^m	Луна в нисходящем узле
Июль 17		Противостояние малой планеты Веста
Июль 20		Солнце переходит из созвездия Близнецов в созвездие Рака
Июль 24	11 ^h 04 ^m	Луна в последней четверти
Июль 27	9 ^h 06 ^m	Наибольшая западная элонгация Меркурия (20°)
Июль 27	18 ^h 00 ^m	Максимум метеорного потока Южные δ -Аквариды
Июль 27	22 ^h 48 ^m	Нептун в противостоянии
Июль 29	16 ^h 00 ^m	Покрытие Меркурия Луной
Июль 30	5 ^h 00 ^m	Луна в восходящем узле
Июль 30	7 ^h 45 ^m	Луна в перигее (358375 км)
Июль 31	2 ^h 13,0 ^m	Частное солнечное затмение , видимое на севере России
Июль 31	2 ^h 27 ^m	Новолуние
Август 1	1 ^h 00 ^m	Покрытие Венеры Луной
Август 7	1 ^h 03 ^m	Луна в первой четверти
Август 9		Противостояние малой планеты Юнона
Август 10	13 ^h 00 ^m	Соединение Меркурия 0,08°S с Марсом
Август 10		Солнце переходит из созвездия Рака в созвездие Льва
Август 11	5 ^h 18 ^m	Уран в противостоянии
Август 11	22 ^h 24 ^m	Луна в апогее (405652 км)
Август 12	5 ^h 00 ^m	Максимум метеорного потока Персеид
Август 15	5 ^h 15 ^m	Полнолуние
Август 22	1 ^h 06 ^m	Меркурий в верхнем соединении
Август 22	18 ^h 52 ^m	Луна в последней четверти
Август 27	13 ^h 58 ^m	Луна в перигее (361906 км)
Август 28	2 ^h 00 ^m	Покрытие Марса Луной
Август 29	10 ^h 21 ^m	Новолуние

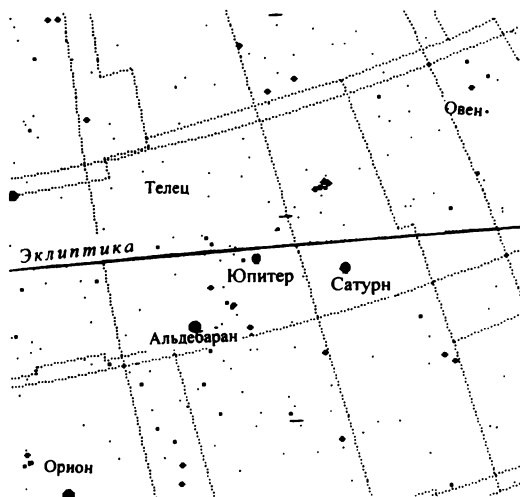
планет Меркурия – 29 июля, Венеры – 1 августа, Марса – 28 августа. Первое можно будет видеть на Крайнем Севере и северо-востоке России, второе – на побережье Ледовитого океана. Третье – почти на всей территории России, но на светлом небе и на небольшом удалении от Солнца, как, впрочем, и два предыдущих.

В июле наступают роскошные условия для наблюдений планет-гигантов

Юпитера и Сатурна. Эти планеты восходят в начале июля около полуночи, а затем длительность их видимости постепенно увеличивается. Обе планеты будут находиться в созвездии Тельца, неподалеку от Гиад, образовав с Альдебараном красивый треугольник. Но Юпитер, самый яркий объект на утреннем небе, далеко превосходит по блеску своих соседей, достигая почти –2,5^m.

Уран и Нептун находятся в созвездии Козерога в противостоянии с Солнцем. Но условия их видимости в России неблагоприятны (низко над горизонтом). Уран все же наблюдать можно, он относительно яркий (5,7^m) и расположен выше.

В августе интересно будет наблюдать за самым известным метеорным потоком **Персеид**, недаром его называют “августовский звездопад”. В отдельные годы этот поток, ассоциированный с кометой Свифта–Туттля, давал настоящие “звездные дожди”, до 1000 метеоров в час. Его метеоры – быстрые, с яркими следами белого или желтого цвета. В этом году максимум Персеид, 12 августа, наступит вблизи полнолуния, но поток достаточно продолжителен и стабилен, поэтому его можно будет видеть в течение многих темных августовских ночей.



Юпитер, Сатурн на фоне созвездия Тельца 28 июля 2000 г.

Таблица III

Соединения планет с Луной

Дата	Время UT	Планета		Дата	Время	Планета	
Июль 1	19 ^h 16 ^m	Марс	2,2°N	Август 1	2 ^h 14 ^m	Венера	1,1°S
Июль 2	4 ^h 56 ^m	Венера	1,6°N	Август 13	17 ^h 16 ^m	Нептун	1,1°N
Июль 2	6 ^h 23 ^m	Меркурий	3,3°S	Август 14	21 ^h 17 ^m	Уран	1,4°N
Июль 17	12 ^h 30 ^m	Нептун	1,2°N	Август 22	19 ^h 57 ^m	Сатурн	2,0°N
Июль 18	17 ^h 17 ^m	Уран	1,5°N	Август 23	10 ^h 33 ^m	Юпитер	2,8°N
Июль 26	10 ^h 20 ^m	Сатурн	2,3°N	Август 28	3 ^h 28 ^m	Марс	0,9°S
Июль 26	20 ^h 35 ^m	Юпитер	3,2°N	Август 29	23 ^h 33 ^m	Меркурий	2,6°S
Июль 29	17 ^h 19 ^m	Меркурий	0,8°S	Август 31	1 ^h 21 ^m	Венера	3,6°S
Июль 30	11 ^h 47 ^m	Марс	0,6°N				

Примечание: N – планета находится к северу от Луны, S – к югу.

Таблица IV

Солнце

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Восход ($\lambda = 0^h$)	Заход ($\varphi = 56^\circ$)
Июль 1	6 ^h 41 ^m 12,2 ^s	23°06'00"	31'31"	3 ^h 19 ^m	20 ^h 49 ^m
11	7 22 17,8	22 05 28	31 31	3 30	20 41
21	8 02 38,0	20 27 07	31 32	3 45	20 27
Август 1	8 45 56,4	17 59 32	31 34	4 04	20 07
11	9 24 15,4	15 14 26	31 37	4 23	19 46
21	10 01 37,4	12 05 04	31 40	4 43	19 22

Информация о планетах, видимых в июле – августе 2000 г.

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход ($\lambda = 0^h$)	Заход ($\phi = 56^\circ$)
Юпитер						
Июль 1	3 ^h 52 ^m 51,4 ^s	+ 19°21'28"	34,3	-2,1	1 ^h 04 ^m	17 ^h 24 ^m
11	4 01 01,7	19 45 59	35,0	-2,1	0 30	16 56
21	4 08 55,0	20 07 20	35,7	-2,1	23 56	16 28
Август 1	4 16 51,6	20 27 12	36,6	-2,2	23 18	15 55
11	4 23 52,1	20 43 17	37,6	-2,2	22 43	15 24
21	4 28 47,3	20 53 44	38,7	-2,3	22 07	14 52
Сатурн						
Июль 1	3 39 19,5	17 26 12	16,8	0,2	1 06	16 55
11	3 43 28,7	17 38 56	17,0	0,2	0 29	16 22
21	3 47 12,7	17 49 42	17,3	0,2	23 52	15 47
Август 1	3 50 45,0	17 59 11	17,6	0,2	23 11	15 09
11	3 53 22,1	18 05 33	17,9	0,2	22 34	14 33
21	3 55 21,5	18 09 45	18,2	0,1	21 56	13 56
Уран						
Июль 1	21 31 37,4	-15 24 15	3,7	5,7	22 26	7 21
11	21 30 37,8	-15 30 08	3,7	5,7	21 43	6 40
21	21 29 16,9	-15 36 50	3,7	5,7	21 07	5 59
Август 1	21 27 38,7	-15 44 49	3,7	5,7	20 23	5 13
11	21 26 04,9	-15 52 19	3,7	5,7	19 43	4 31
21	21 24 30,9	-15 59 43	3,7	5,7	18 59	3 45

Примечание: В таблицах IV, V прямое восхождение и склонение даются на 0^h УТ.

Метеорные потоки

Название потока	Созвездие	Радант		V, км/с	Часовое число	Даты видимости
		α	δ			
Пегасиды	Пегас	22 ^h 40 ^m	+15°	70	3	07,07–13,07
Южные δ -Аквариды	Водолей	22 36	-16	41	20	12,07–19,08
α -Каприкорниды	Козерог	20 28	-10	25	4	03,07–15,08
Северные δ -Аквариды	Водолей	22 20	-5	42	4	15,07–25,08
Персеиды	Персей	3 05	+56	59	140	17,07–24,08
α -Ауригиды	Возничий	5 36	+42	66	10	25,08–05,09

**Солнце в декабре 1999 г. –
январе 2000 г.**

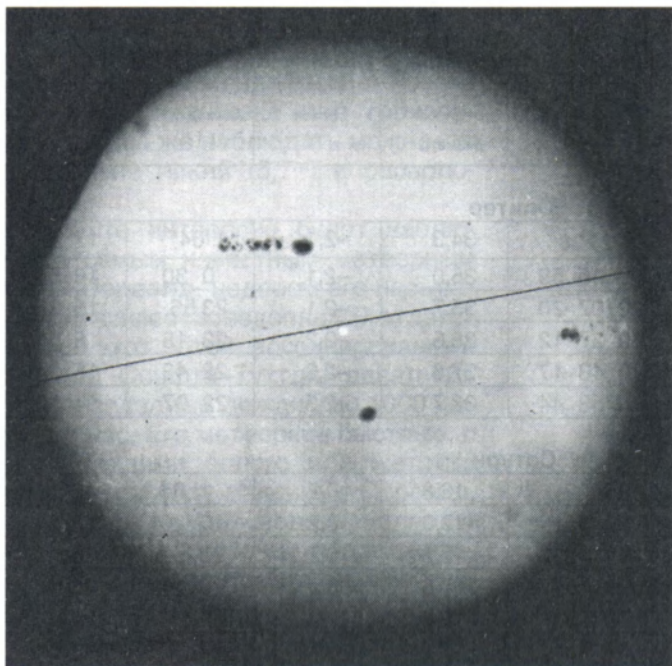
Для характеристики солнечной активности в 1999 г. ключевым словом может стать “переменность”. Среднемесячное число Вольфа существенно и, главное, немонокотонно менялось. Так, в феврале, апреле, декабре уровень активности был низким, а в июне-июле, ноябре – исключительнo высоким. В целом же активность за год, безусловно, возросла, хотя и не так сильно, как ожидалось.

В декабре 1999 г. активность была умеренной, и только в последней декаде появилась мощная группа пятен в северном полушарии Солнца – вытянутая по широте сложная цепочка с мощным головным пятном. Несколько южнее была заметна еще одна активная область – развитый флоккул с небольшим пятном. Эти области сформировали комплекс активности с высоким вспышечным потенциалом.

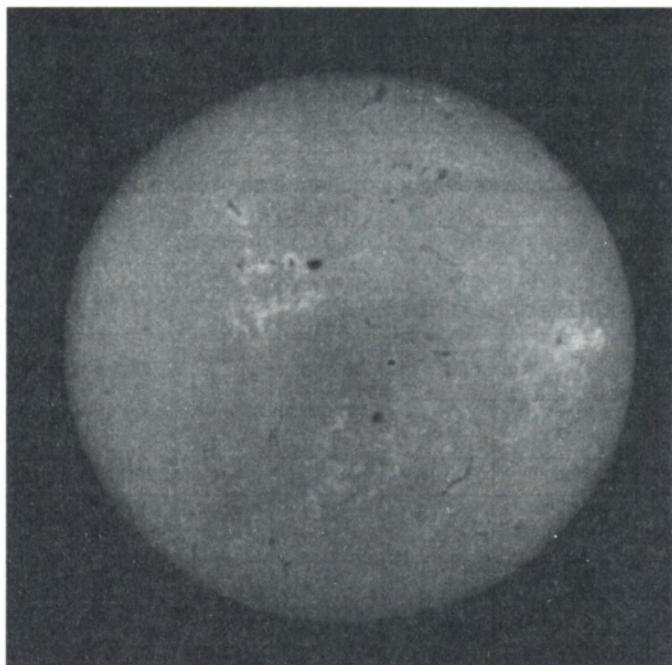
В середине января 2000 г. число Вольфа увеличилось до 140–150. На диске одновременно наблюдались 7–10 групп пятен.

По-видимому, максимум 23-го цикла солнечной активности будет достигнут в текущем году. Статистика показывает, что пик мощных солнечных вспышек обычно запаздывает по отношению к максимуму чисел Вольфа. Так что самое интересное еще впереди.

С.А. ЯЗЕВ,
кандидат физико-математических наук



Фотосфера Солнца 23 декабря 1999 г.



Хромосфера Солнца 23 декабря 1999 г. Снимок в линии H_{α} . Видны мощные флоккульные поля активных областей

Новый вариант вилочной экваториальной установки

Каждый любитель астрономии, построивший телескоп, знает, что “муки” создания телескопа не заканчиваются после изготовления оптических деталей и трубы. Чтобы успешно наблюдать звездное небо в недавно созданный инструмент, необходимо соорудить для него еще и монтировку, надежную и удобную в работе, — а это задача достаточно сложная. Монтировка должна удовлетворять ряду требований: иметь

как можно меньшие размеры и массу, жесткую конструкцию, обеспечить возможность удобного наблюдения объектов в любой точке небосвода и доступность окулярного узла при любом положении трубы телескопа.

Рассмотрев недостатки и достоинства монтировок различных типов, я решил несколько видоизменить вилочную экваториальную монтировку: верхний конец полярной оси срезал параллельно

горизонту (т.е. под углом φ к оси, равным широте места). При этом на оси появляется площадка овальной формы. В ее центре высверливается отверстие и в нем нарезается резьба. На этой площадке и устанавливается вилка телескопа. Она отличается от обычной тем, что перья вилки располагаются не перпендикулярно к основанию, а под некоторым углом α . При наблюдениях вилка фиксируется точно вдоль большой оси овала, т.е. вдоль горизонтальной проекции полярной оси телескопа.

Для наблюдений объектов северной половины небосвода перья вилки ориентируются вдоль меридиана

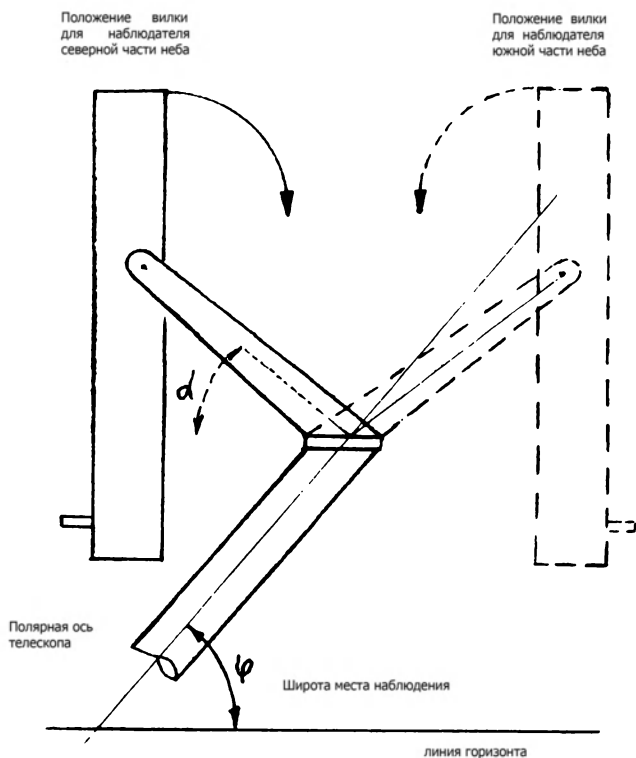


Схема вилочной экваториальной монтировки



Общий вид телескопа при наблюдениях в южной части небосвода, в двух ракурсах

к югу, а для наблюдений в южной части неба вилка ориентируется перьями на север. При перестановке вилки болт ее крепления отпускают, вилку вместе с трубой телескопа разворачивают в нужное положение и опять крепят болтом. Для точной установки на полярной оси и на основании вилки делаются соответствующие отметки.

Такая монтировка дает возможность установить на нее трубу значительной длины на короткой вилке, длина перьев которой зависит не от длины трубы и расположения ее центра тяжести, а от габаритов полярной оси и механизма ее вращения.

Я решил изготовить небольшую экспериментальную монтировку для рефрактора Ф-65 ($F = 520$ мм) с целью проверки идеи и оценки ее пригодности для астрономических наблюдений. После разработки рабочих чертежей и изготовления деталей – насадки на ось

червячного редуктора, вилки, координатного круга, опорной площадки для крепления редуктора – я собрал монтировку и установил на нее трубу рефрактора. Как выяснилось при первых испытаниях, перья изготовленной мною вилки можно было сделать короче на 25–30 мм, но переделывать не стал.

Монтировка, закрепленная на обычном геодезическом штативе, оказалась компактной и жесткой, работать с ней было легко и удобно. Заметных вибраций при движении трубы вручную через червячный редуктор при 80-кратном увеличении не отмечается.

Часовой координатный круг крепится к корпусу редуктора. Ориентирование трубы по склонению ручное. На оси склонений – два координатных круга. Справа нанесены деления (через 5°) 40–90–60, слева – –40 – 0 – +60. Правый координатный круг используется для наблюдений в северной половине неба,

левый – в южной. Труба телескопа способна поворачиваться в вилке на 90° .

Для регулировки усилия, необходимого для наклона трубы вокруг оси склонений, сквозь перья вилки пропущена шпилька М6 с барашком. С ее помощью можно регулировать нажатие перьев вилки на трубу и фиксировать положение трубы на выбранном объекте, при этом стяжной винт служит еще и тормозом. Кроме того, он делает вилку еще более жесткой. Движению трубы стяжной болт не мешает.

Ориентирование монтировки на Полюс мира не сложно. Полярная ось с трубой направляется приблизительно на Полюс мира, овальная площадка на оси устанавливается по уровню, переключаемому в двух перпендикулярных направлениях, после чего монтировка уже оказывается выставленной по широте. Остается развернуть всю монтировку с трубой так, чтобы изображение Полярной звезды оказалось в поле зрения. Точность установки на Полюс мира проверяется известными способами и, если надо, корректируется.

(См., например, "Справочник любителя астрономии" П.Г. Куликовского.) Отсчет координатного круга при этом – 0^h .

Думаю, что подобную конструкцию вилки можно с успехом применять и для более крупных телескопов, устанавливаемых стационарно. А если площадку на полярной оси сделать подвижной, чтобы иметь возможность устанавливать ее наклон по широте пункта наблюдений, монтировку можно было бы использовать в серийных изделиях.

Подобная монтировка имеет определенные преимущества перед другими – компактность, достаточную жесткость и устойчивость, снижение веса, возможность наблюдать любые точки небосвода, доступность окулярного узла при любом положении трубы телескопа, удобство наблюдений. Единственный, но вполне терпимый недостаток конструкции – необходимость применения противовеса, ориентированного в противоположную сторону от вилки.

ЗАХАРОВ

Анатолий Яковлевич

398001 г. Липецк, ул. М. Горького, 3–15

Информация

Межзвездная пыль в Солнечной системе

На борту автоматических межпланетных станций "Ulysses" и "Galileo" установлены детекторы столкновений с частицами космической пыли. Они способны фиксировать облака плазмы и даже отдельные пылинки, причем определять также массу и скорость пылинки.

Главная цель эксперимента – выяснение пространственного распределения межпла-

нетных пылинок, испускаемых малыми телами Солнечной системы – кометами и астероидами. Но действительность оказалась более разнообразной: обнаружены две новые разновидности космической пыли.

Были открыты периодические потоки мелких зерен диаметром 5–10 нм, исходящих, по-видимому, из системы Юпитера.

Кроме того, обнаружен поток межзвездных пылинок, пересекающих Солнечную систему. Средняя орбитальная скорость пылинок превышает третью космическую – скорость убегания из Солнечной

системы. Поступают межзвездные пылинки с того же направления, как и открытый ранее поток нейтрального межзвездного газа.

Установлено, что на расстояниях 2–4 а.е. от Солнца существует дефицит пылинок с массами от 10^{-17} кг до 3×10^{-16} кг. Он возникает, если давление солнечного света в 1,4–1,8 раза превышает силу тяготения. Это соответствует параметрам сферических или слегка вытянутых пылинок, образованных силикатами или органическими материалами.

Science, 1999, 286, 2319

Рациональная схема любительского телескопа

Юлий Авраамиевич Завенягин (1924–1998), физик по образованию, сотрудник Курчатовского института, известен также как астроном и прежде всего как видный специалист по истории древней астрономии. Он доказал высокую точность теории видимого движения Луны и планет, разработанной астрономами древнего Вавилона за много веков до расцвета древнегреческой науки. Он первым обратил внимание на бесчисленные нелепости в астрономической аргументации адептов “новой хронологии” А.Т. Фоменко. Ю.А. Завенягин разработал новую схему телескопа, особенно удобную для любителей астрономии с их скромными возможностями. Ее достоинства высоко оценены ведущими специалистами по астрономической оптике. Они рекомендовали автору перед публикацией получить патент на изобретение, однако Ю.А. Завенягин так и не успел выполнить все формальности. Публикацией этой статьи журнал отдает последний долг ученому, которого, к сожалению, уже нет среди нас.

Любительские телескопы с диаметром зеркала 250–300 мм и больше – уже не редкость. Изготовление оптики для них – серьезная задача, но все же главная трудность для любителя, опирающегося в своей работе на скромные “домашние” ресурсы, – это, пожалуй, сооружение механической части телескопа (достаточно длинной и жесткой трубы и солидного экваториального штатива).

Некоторые любители стремятся облегчить строительство установки телескопа, делая его по компактной схеме Кассегрена. Однако при этом сильно возрастают трудности, связанные с изготовлением зеркал, имеющих асферические (в том числе параболические) поверхности с заданными значениями их кривизн и эксцентриситетов. Изготовление таких поверхностей не обеспечено простой и надежной контрольной методикой, так как теневой метод испытаний в его самой простой и чувствительной качественной форме применим только к вогнутым сфе-

рическим зеркалам. Кроме того, из-за очень жестких требований к точности юстировки вторичного выпуклого зеркала относительно главного любитель не может быть уверен, что наблюдает в точно отъюстированный телескоп или что первоначально точная юстировка почему-либо не ухудшилась, например вследствие ничтожного перекоса одного из зеркал. Качественное решение этих проблем, как нам кажется, возможно только на профессиональном уровне. Сказанное можно в значительной степени отнести и к зеркально-линзовым телескопам, в том числе к менисковым.

Другой путь, ведущий к уменьшению размеров трубы, – постройка ньютоновского телескопа с параболическим зеркалом большой светосилы $A = D/f$, хотя даже при $A = 1 : 6$ и $D = 300$ мм необходимая длина трубы (около двух метров) не так уж мала. Светосильный телескоп Ньютона сильно страдает от комы, пропорциональной квадрату светоси-

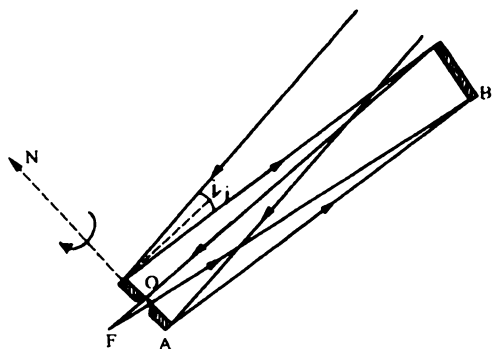


Схема телескопа конструкции Ю.А. Завенягина.
 А – плоское зеркало, В – сферическое зеркало,
 О – отверстие в центре плоского зеркала,
 F – фокус, ON – полярная ось

лы. Так, например, при $A = 1 : 6$ и $D = 300$ мм угловой диаметр поля зрения, в пределах которого кома при визуальных наблюдениях еще не заметна, составляет всего $3'$, что в 10 раз меньше углового диаметра Луны.

Хотя диагональное плоское зеркало не вносит дополнительных aberrаций в сходящийся пучок лучей (весьма ценное свойство для систем, состоящих из плоского и вогнутого зеркал), его юстировка в светосильном телескопе должна быть очень точной и стабильной. Малейший перекося зеркал приводит к тому, что в центре поля зрения окуляра будет наблюдаться удаленная от оптической оси часть фокальной плоскости, где кома велика. В результате снижается качество изображения. Поэтому необходимо профессионально изготовить оправу зеркал и прочих узлов, от которых зависит стабильность юстировки. Задача это не простая, поскольку, как известно, жесткая фиксация зеркал в оправе недопустима из-за возникающих в зеркалах температурных деформаций.

Отметим, наконец, тот неприятный факт, что в случае светосильного телескопа любитель часто сталкивается с затруднениями при выборе окуляров, которые должны быть короткофокусными и рассчитанными на работу в условиях большой угловой апертуры входящих пучков света (например, окуляры с вынесенным зрачком).

На наш взгляд, удачный выход из перекрестных трудностей – предлагаемая схема телескопа, в которой используется упрощенный вариант сидеростата. Лучи от некоторого небесного объек-

та отражаются от плоского зеркала А и направляются параллельно главной оптической оси длиннофокусного (например, $A = 1 : 12$) сферического зеркала В. (Здесь неточность: у сферического зеркала все оси главные. Видимо, автор имел в виду ось сферического зеркала, проходящую через геометрический центр плоского зеркала. – Прим. ред.) Отразившись от него, лучи сходящимся пучком проходят через коническое отверстие в середине плоского зеркала и собираются в фокусе F, вблизи которого помещается окуляр. Жесткого каркаса (трубы) у нашего телескопа нет. Единственный подвижный элемент в нем (для слежения за суточным движением) – плоское зеркало. Оно вращается вокруг полярной оси ON, проходящей через центр О лицевой поверхности. Сферическое зеркало В (как и окуляр) неподвижно во время наблюдений и укрепляется на отдельной подставке (она, в свою очередь, располагается на достаточно высокой тумбе или на столбе) так, чтобы оно проектировалось из точки его фокуса F приблизительно в ту область неба (или немного ниже), которая в данное время интересует наблюдателя. Например, если будет наблюдаться одна из внешних планет в период ее противостояния, то ось сферического зеркала выгоднее всего заранее направить в южную часть неба на несколько градусов ниже того места, в котором будет находиться данная планета около полуночи. (Видимо, автор имеет в виду ось сферического зеркала, проходящую через его геометрический центр, после отражения ее от плоского зеркала, расположенного в часовом угле, соответствующем середине времени наблюдения. – Прим. ред.)

Благодаря тому что ось сферического зеркала направлена в интересующий нас район неба, можно ограничиться небольшими углами i падения лучей на плоское зеркало, скажем $i \leq 20^\circ$. При

этом условии угловой диаметр участка небесной сферы, обозреваемого при данной установке сферического зеркала, составляет примерно 80° . Благодаря этому любой небесный объект, пересекающий наш район неба в своем суточном движении, можно наблюдать в течение более пяти часов – срок вполне достаточный.

Условие $i \leq 20^\circ$ очень ценно в двух отношениях:

1) При $i \leq 20^\circ$ плоское зеркало проектируется на сферическое почти в натуральную величину ($\cos 20^\circ = 0,94$), что позволяет делать плоское зеркало такого же диаметра, как сферическое.

2) Плоское зеркало предлагаемого телескопа работает в параллельном пучке лучей. Максимально допустимая общая кривизна “плоского” зеркала, выражаемая через стрелку X кривизны, определяется (исходя из допустимой по критерию Релея величины астигматической разности $\sin sm \times 2\lambda/A^2$) выражением $X = \lambda/8 \sin i \operatorname{tg} i$.

При $i \leq 20^\circ$ допустимая величина стрелки X приблизительно равна длине волны света, т.е. $X \approx \lambda$ вместо величины $X = \lambda/8$, обычно применяемой для ньютоновского диагонального зеркала, которое работает в сходящемся пучке лучей при $i = 45^\circ$. Мягкость допуска на общую кривизну при углах $i \leq 20^\circ$ облегчает процесс изготовления плоского зеркала. Заметим, кстати, что с этой точки зрения имеет смысл и телескоп Ньютона конструировать так, чтобы углы i падения лучей на диагональное зеркальце не превышали 25° – 30° , хотя это и приводит к некоторому увеличению экранировки.

Центральное отверстие в плоском зеркале делается коническим сверлом с углом между образующими конуса $\approx 50^\circ$, причем диаметр отверстия на лицевой стороне поверхности зеркала меньше, чем на тыльной его стороне. Такая форма отверстия позволяет избежать экранировки сходящегося к фокусу F пучка света при различных наклонах плоского зеркала в пределах $i = \pm 25^\circ$. Контроль над точностью поверхности плоского зеркала в процессе его изготовления осуществляется по схеме Коммона. При этом в качестве сфери-

ческого зеркала в схеме Коммона мы используем зеркало нашего будущего телескопа, уже посеребренное для уменьшения потерь света.

Теневой контроль зональных ошибок плоского зеркала (но не его общей кривизны) можно осуществить и по схеме автоколлимации, которая получится при установке плоского зеркала A перпендикулярно оптической оси сферического зеркала B . Испытание при этом ведется из точки фокуса F , вблизи которой располагаются источник света и нож Фуко.

Оправу с плоским зеркалом лучше всего монтировать на вилке. Ось склонения должна проходить в плоскости лицевой поверхности плоского зеркала, так что при любом повороте вокруг этой оси полярная (часовая) ось будет проходить через центр плоского зеркала O . Скорость вращения вокруг полярной оси – один оборот в двое суток.

Оправа со сферическим зеркалом укрепляется на отдельной подставке простейшей конструкции, позволяющей ориентировать его в желаемом направлении. Из-за неподвижности сферического зеркала во время наблюдений эта подставка может быть сделана довольно грубо.

Наша установка действует, до некоторой степени, подобно экваториальной, хотя объект все же будет медленно уходить из поля зрения. Скорость этого “ухода” не превышает $10'$ – $15'$ в час для объектов со склонением $\delta < 45^\circ$, так что будет не трудно время от времени приводить объект в центр поля зрения ручкой тонкой наводки. Если телескоп настроен так, что плоское зеркало работает как зеркало целостата, т.е. нормаль к нему скользит вдоль небесного экватора, не будет ни ухода изображения, ни его вращения. Такая настройка телескопа, при одновременном выполнении условия $i \leq 20^\circ$, часто возможна при наблюдении планет и других объектов экваториального пояса неба. Ухода изображения из поля зрения не будет и в другом случае, когда ось сферического зеркала FO направлена на Полюс мира, а скорость вращения плоского зеркала равна одному обороту в сутки. В последнем случае мы фактически получаем “полярный теле-

скоп", весьма удобный для наблюдений объектов со склонением $\delta > 45^\circ$.

Большое достоинство предлагаемой конструкции любительского телескопа – неподвижность окуляра. Это позволяет пропустить сходящийся пучок света внутрь комнаты через трубку (лучше не металлическую), плотно вделанную в окно или стену, и смотреть в окуляр с комфортом, сидя в помещении, тогда как сам телескоп (т.е. плоское и сферическое зеркала) находится снаружи. Конечно, в этом случае расстояние от плоского зеркала до фокуса F должно быть достаточно большим (например, $1,5\text{--}2\ D$). При этом отверстие в плоском зеркале, вызывающее центральное экранирование падающего пучка лучей, может быть еще сравнительно небольшим. Например, для $OF = 1,4\ D$; $A = 1 : 12$ диаметр сечения сходящегося пучка лучей вблизи точки O равен $D/8$. Простой расчет показывает, что в этом случае вполне достаточно сделать диаметр отверстия в плоском зеркале равным $D/5$. Почти весь паразитный свет задерживается при этом плоским зеркалом. От него можно избавиться полностью, если поставить позади сферического зеркала круглый зачерненный щит, диаметр которого несколько больший, чем у зеркала.

Поскольку предлагаемый телескоп не имеет трубы, увеличение его "длины" не приводит к увеличению веса установки. Поэтому, быть может, представляет интерес (например, для целей астрофотографии) телескоп, в котором плоское зеркало расположено в центре кривизны неподвижного сферического зеркала (достаточно длиннофокусного, чтобы снизить сферическую аберрацию до допустимой величины). Как известно, в этом случае полностью исчезают кома и астигматизм, а поле зрения определяется только виньетированием.

Каковы же достоинства и недостатки предлагаемой конструкции?

Достоинства:

1. Длиннофокусное сферическое зеркало телескопа легко изготавливается и просто и точно испытывается.

2. По сравнению со светосильным Ньютоновским телескопом поле зрения, свободное от комы, в несколько раз больше.

3. Юстировка телескопа весьма легкая, а главное – стабильная, так как она определяется только взаимным положением окуляра и сферического зеркала, которые неподвижны во время наблюдений. Плоское же зеркало телескопа может устанавливаться сравнительно грубо.

4. При большом фокусном расстоянии и малой светосиле телескоп может хорошо работать с самыми простыми окулярами.

5. Поскольку у телескопа нет трубы, сооружение установки для него чрезвычайно упрощается.

6. Телескоп транспортабелен, и его удобно брать с собой в поездку.

7. Из-за неподвижности окуляра на нем удобно наблюдать.

8. Отсутствуют дифракционные и другие помехи, имеющиеся, например, в телескопе Ньютона из-за наличия на пути лучей растяжек и стержней, крепящих диагональное зеркало.

9. В отличие от полярного телескопа размеры обоих зеркал примерно одинаковы.

Недостатки:

1. Необходимость иметь для постройки телескопа второй большой стеклянный диск для изготовления плоского зеркала.

2. Трудность устройства противоросника, защищающего плоское зеркало от запотевания. Он должен иметь форму конического раструба с углом между образующими конуса $\approx 50^\circ$ и крепиться на оправе плоского зеркала. Возможно придется его немного подогревать, на малую долю градуса выше точки росы, как это делается на "профессиональных" телескопах.

3. Некоторые неудобства с устройством искателя.

4. Вследствие неэкваториальности установки изображения небесных светил поворачиваются в фокальной плоскости. Поэтому при фотографировании со средними и длинными экспозициями нужно вращать кассету.

*Ю.А. ЗАВЕНЯГИН,
кандидат физико-
математических наук*

Болиды и экстремальные явления природы

В.Ю. КАЗНЕВ

Не все последствия влета в земную атмосферу ярких болидов упоминаются в книгах по астрономии. Между тем уже накоплено достаточно информации о том, что болиды могут быть связаны с некоторыми метеорологическими и геофизическими явлениями.

При пролете сквозь атмосферу крупных метеорных тел может возникнуть **болид** – яркий огненный шар с хвостом, рассыпающий искры. Ночью сильный мигающий свет болида озаряет все вокруг, а самые крупные из них видны даже днем. Это впечатляющее зрелище запоминается надолго. Некоторые метеорологические и геофизические явления связаны с особо крупными болидами. Они наблюдаются относительно редко. Исследование этих явлений – важная задача метеорной физики.

ВОЗДУШНЫЕ ВИХРИ

Высоко в атмосфере дуют ветры большой силы, при этом различные слои воздуха могут двигаться в противоположных направлениях. Иногда эти ветры опускаются к земле, и тогда говорят о таких грозных явлениях природы, как смерчи и ураганы.

Смерч – сравнительно небольшое вихревое образование. Его размеры: ширина от нескольких метров до 2–3 км, в среднем – 200–300 м; высота от нескольких десятков метров до 1,5–2 км, в среднем – несколько сот метров. Центральная часть смерча узкая, высокая, его стенки ограничены, хотя изредка встречаются смерчи с расплывчатыми, нечеткими стенками. Скорость вращения воздуха в стенках весьма велика и может превысить скорость звука (330 м/с).

Ураган – (циклон, тайфун) – гигантский атмо-

сферный вихрь, в котором давление воздуха убывает к центру, а циркуляция воздуха идет против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке – в южном. Различают внетропические и тропические ураганы. Поперечные размеры первых – порядка тысячи километров в начале развития и до нескольких тысяч километров в стадии центрального циклона; скорость ветра более 30 м/с. Размеры вторых существенно меньше: средняя ширина несколько сот километров, высота 6–8 км, иногда до 12–15 км. В центральной части (“глаз бури”) – самое низкое давление, слабый ветер, небольшая облачность. Она окружена кольцом стен из плотных облаков с большой скоростью вращения (типичные скорости – порядка 70 м/с). По мере удаления от стен ветры постепенно ослабевают до полного штиля.



Болид, сопутствующий полету Тунгусского метеорита. Рисунок выполнен художником Б. Хартманом по рассказу очевидца, находившегося в г. Киренске в 400 км от места взрыва (The Planetary Report, V. XIX, № 6, 1999)

Иногда эти формы воздушных течений появляются одновременно с болидом (вихри I) или спустя некоторое время (вихри II). В ряде зафиксированных случаев достоверность совпадений весьма высока. Приведем несколько примеров.

Вихри типа I. 24 сентября 1883 г. в Швеции заметили болид внутри смерча; позднее здесь был найден метеорит. Аналогичный случай отмечен в нашей стране (Темкинский район Смоленской области) летом 1971 г. Очевидец В.П. Ерофеев внезапно «услышал сильный гул, похожий на шум летящего самолета», доносившийся с северо-востока. Обернувшись, он «увидел смерчеобразную массу пыли и в середине ее – катящийся огненный шар», который пронесся к линии горизонта и там взорвался.

Вихри типа II. Иногда болид как бы давал толчок к формированию вихря; последний зарождал-

ся примерно в том же районе, но с запаздыванием до нескольких дней. Один из таких примеров связан со знаменитым Тунгусским метеоритом (Земля и Вселенная, 1978, № 6; 1989, № 3).

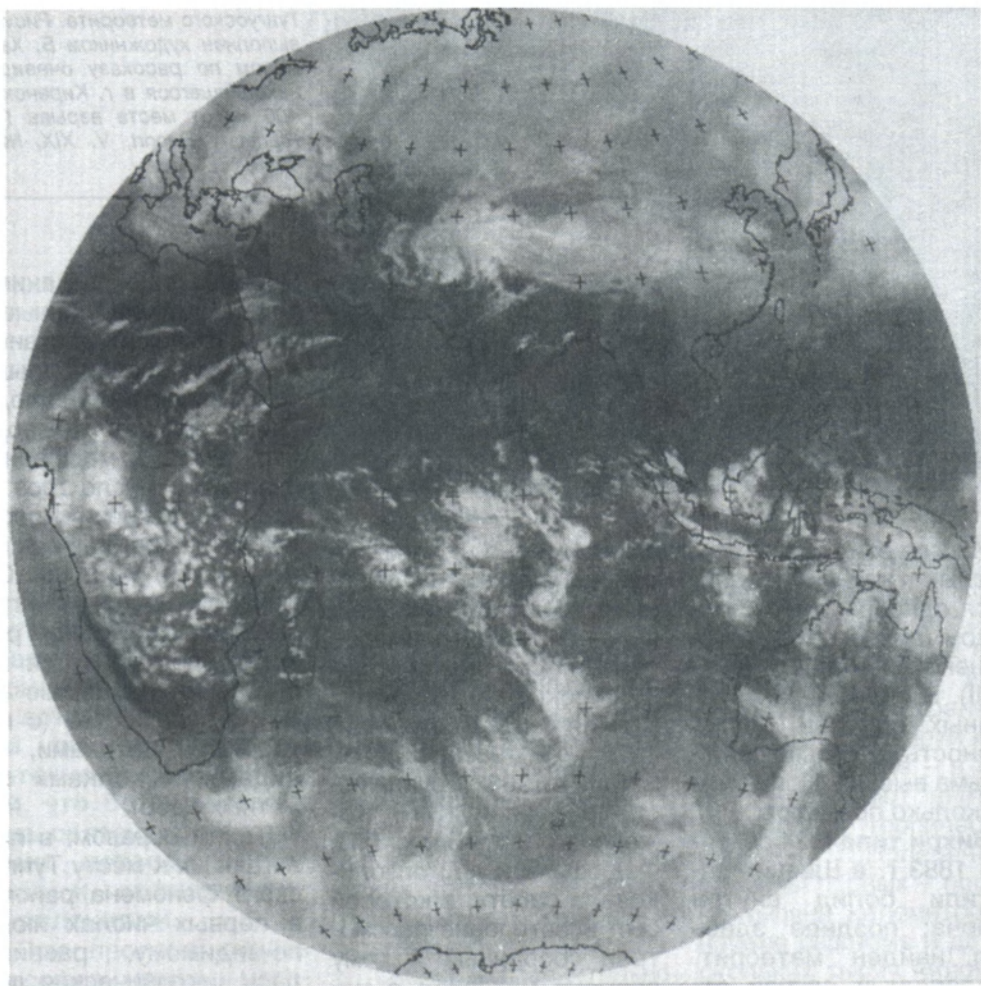
Еще в 1963 г. группа исследователей (З.П. Коженкова, В.А. Брок, Л.П. Федюшина и др.) опубликовала работу, в которой был всесторонне рассмотрен собранный к тому времени материал о метеорологической обстановке летом 1908 г. (распределение атмосферного давления, температуры, облачности и других показателей). Оказалось, что непосредственно в районе падения с 30 июня по 10 июля стояла, в основном, тихая ясная погода, а в других районах Западной Сибири, расположенных относительно близко от него, в первую пятидневку июля прослеживалось усиление циклонической деятельности, преобладала полная облачность. В 1990 г. Б.А.

Яковлев еще раз внимательно изучил данные о синоптической обстановке. На основании большого количества наблюдений он пришел к выводу, что сумма атмосферных осадков и число гроз на всей территории России вскоре после 30 июня заметно увеличились. Отмечено, что дожди и грозы учащаются всякий раз, когда увеличивается поступление на Землю кометного вещества (с метеорными потоками, болидами, осколками кометных ядер).

Таким образом, в прилегающих к месту Тунгусского феномена районах в первых числах июля, по-видимому, развивалась циклоническая деятельность (облачная погода с осадками и грозами).

ЧТО ВЫЗЫВАЕТ БОЛИД В АТМОСФЕРЕ

Вторгшееся в высокие слои атмосферы метеорное тело подвергается бомбардировке молекулами воздуха, которые при упругих столкновениях или отскакивают от него, либо с силой внедряются в кристаллическую решетку тела, вызывая мгновенный разогрев небольших участков и испа-

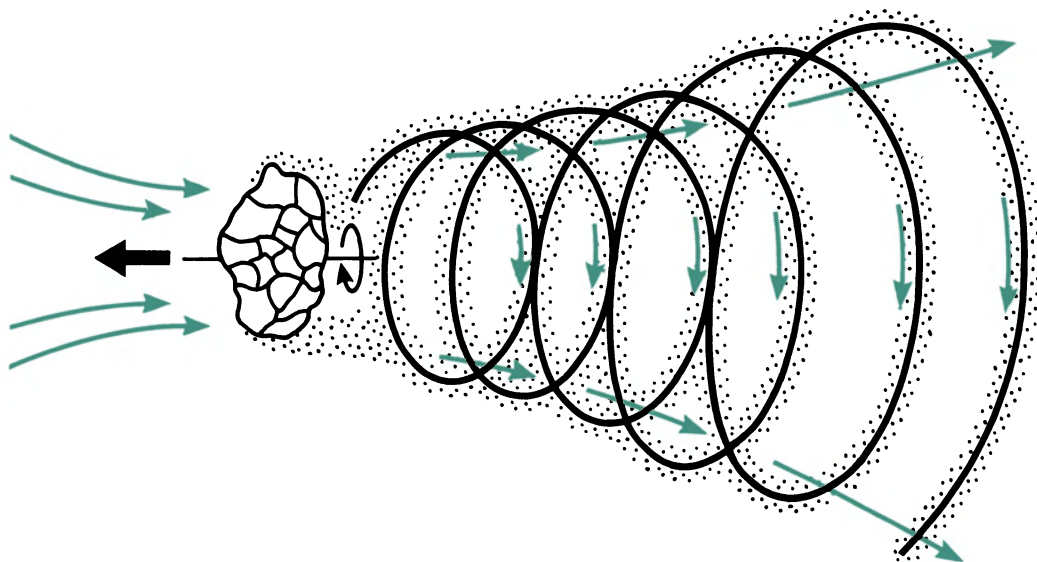


Фотография Земли, полученная со спутника ГОМС (Геостационарная орбитальная метеорологическая система) в инфракрасном диапазоне (10,5–12,5 мкм). На снимке заметны спиральные облачные образования, в центрах которых формируются ураганы

рение вещества. По мере снижения тела плотность атмосферы растет, удары становятся чаще, испарение интенсивнее. По сути, с большого расстояния мы видим не само накаленное по поверхности до

нескольких тысяч градусов метеорное тело, а некий светящийся объем, окружающий его и движущийся вместе с ним. Это — пары тех химических элементов, из которых состоит тело. Но космический "пришелец" теряет массу не только через испарение. Его наружный слой плавится и сдувается набегающим потоком воздуха. От тела непрерывно отделяется множество мельчайших частиц размером в доли миллиметра и менее (шелушение).

Метеорное тело при движении в атмосфере еще и вращается. На поверхности метеорита Оханск, упавшего 30 августа 1887 г. на Урале, оказались косые струйки, свидетельствующие о его вращении в полете. Частота вращения может достигать сотен оборотов в секунду. Вызвать вращение могут взрывы отдельных перегретых включений, несимметричные выбросы вещества, создающие реактивный эффект, и т.п. Энергия вращения



тела на несколько порядков ниже энергии поступательного движения. Но для нас сейчас важно другое. У тела поперечником, например, 50 см линейная скорость точек поверхности при частоте вращения 70 об/с достигает примерно 110 м/с, при 150 об/с – более 230 м/с, а при 300 об/с – 470 м/с. Воздух, прилегающий к поверхности, начнет закручиваться, увлекая в это движение и более далекие слои. Станут двигаться и мелкие продукты разрушения тела. В определенных условиях наблюдения это будет выглядеть как болид внутри смерча. Заметим, что яркие болиды перестают светиться на высоте 15–20 км, а очень яркие медленные болиды, после которых, как правило, выпадают метеориты, гаснут еще ниже – на высоте 2–7 км. Так, возможно, и возникают вихри типа I.

Образование вихрей типа II, по-видимому, обусловлено разрушением озонового слоя атмосферы после пролета болида.

За годы работы Прерийной сети США, организованной Смитсоновской астрофизической обсерваторией, получены снимки нескольких тысяч болидов. Почти все метеороиды полностью сгорели в атмосфере. Следовательно, большинство тел, влетающих в атмосферу Земли, непрочные, легко разрушающиеся. Скорее всего, это аналоги ледяных ядер комет – миникометы. Такой вывод сделал еще в 1976 г. московский астроном В.А. Бронштэн (Земля и Вселенная, 1998, № 5).

С другой стороны, известно, что при взаимодействии кометоподобного тела с атмосферой в озоновом слое, расположенном на высоте от 20 до 50 км, появляются области пониженной кон-

Возникновение вихря типа I. Ось вращения метеорного тела совпадает с направлением его движения в атмосфере. Темные точки – продукты разрушения тела. Стрелки указывают направление течений воздуха

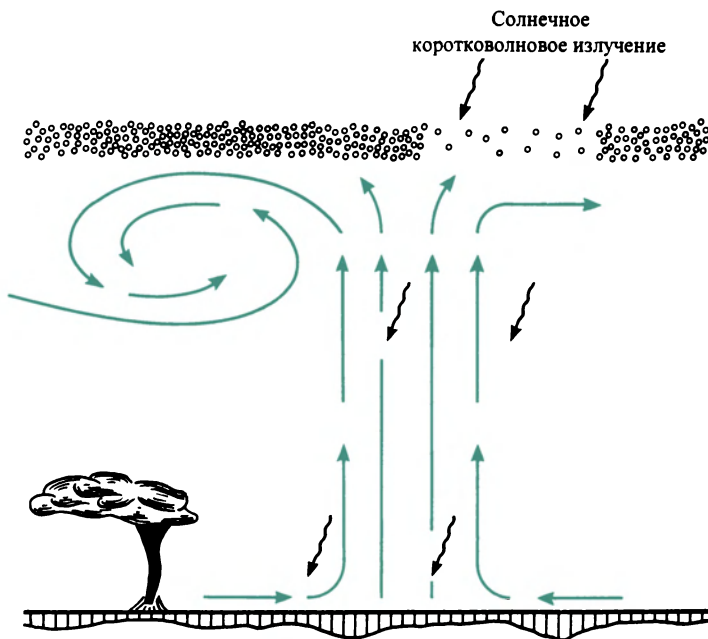
центрации озона, “окна”. Впервые этот факт был установлен группой американских ученых во главе с Р. Турко, изучавшей падение Тунгусского метеорита. Тогда в атмосфере образовалось большое количество окислов азота. Одно из соединений, окись азота NO, которая сформировалась в хвосте ударной волны Тунгусского тела в результате прямого соединения атомов кислорода и азота при высокой температуре, реагировала затем с озоном по схеме $NO + O_3 = NO_2 + O_2$. Этот процесс вызвал появление большого “окна”, просуществовавшего какое-то время. Правда,

Возникновение вихрей типа II (смерч, ураган). Светлые кружки – молекулы озона. Линии со стрелками – направления течений воздуха

как доказали в 1985 г. В.А. Бронштэн и Б.Ю. Левин, оценка содержания окислов азота, полученная Р. Турко и его коллегами, сильно преувеличена (на 2–3 порядка), но и оставшегося количества достаточно для появления озоновой дыры.

Что же происходит вслед за прорывом озонового слоя? Через "окно" начинает свободно проникать коротковолновое излучение Солнца. Поглощенная земной поверхностью (а также атмосферой) дополнительная радиация переходит в тепловую энергию, и поток ее уходит вверх. Эта энергия усиливает циркуляцию воздуха, что при определенных сочетаниях атмосферных условий способствует формированию вихря. Иначе говоря, поступление коротковолнового излучения Солнца сквозь "окно" может послужить "пусковым механизмом", который инициирует процесс образования урагана, а также и смерча.

Подтверждением этому может служить интересная работа Л.А. Урановой, опубликованная в 1983 г. В ней изучена зависимость между возникновением циклонов и минимумами общего содержания озона над рассматриваемой областью. Для исследования был выбран район у восточных



склонов Скалистых гор в США. Здесь в течение пяти лет (1971-75 гг.) возникло 480 циклонов и столько же раз отмечались минимумы в содержании озона. Как правило, циклоны формировались после появления минимумов озона с опозданием на 1–5 дней:

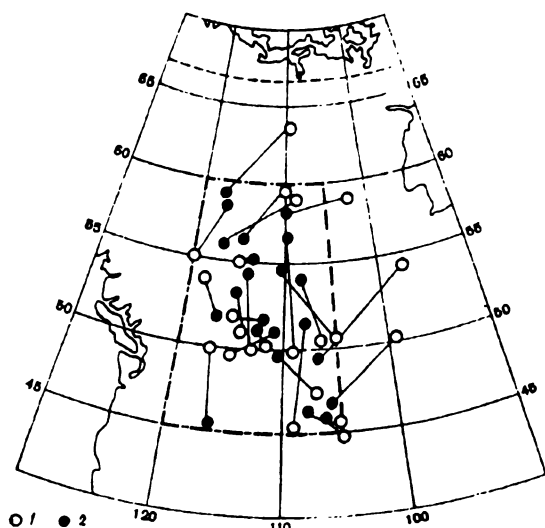
быстрее после появления минимума озона формировался циклон, тем больше он длился. Циклоны, существовавшие более пяти дней, обычно отклоняются от траектории движения минимума озона влево, а те, которые продолжались от двух до пяти дней, – вправо.

время запаздывания в днях	1	2	3	4	5
количество циклонов	15	196	212	46	11
то же в %	3	41	44	10	2

В большинстве случаев (85%) минимумы озона появлялись на два-три дня раньше возникновения циклона. Причем, если минимум существовал более двух суток, циклон развивался и смещался примерно вдоль траектории движения пика минимума, отклоняясь от него в среднем на 200 км. Чем

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Метеорные тела размером от 5 см и крупнее движутся в атмосфере в иных условиях обтекания, чем мелкие. Впереди такого тела формируется сильная ударная волна, по амплитуде сравнимая с ударной волной атомного взрыва. За фронтом удар-



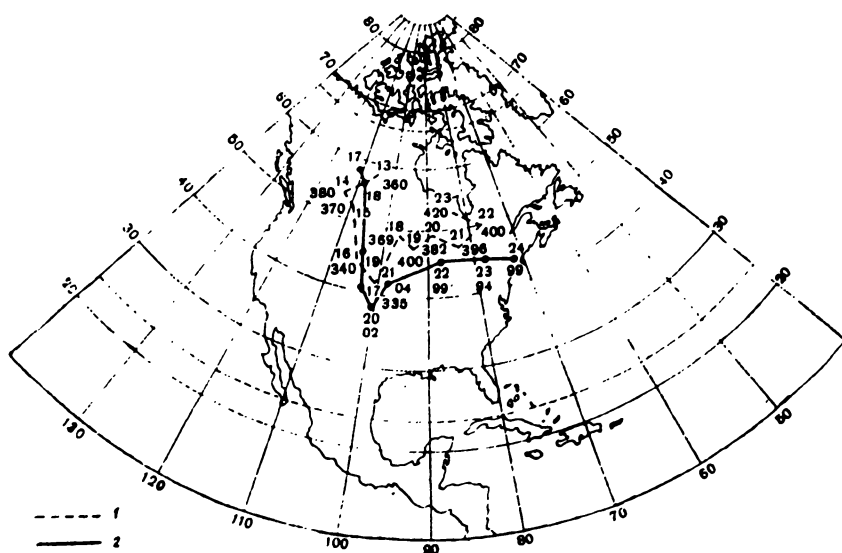
Положения циклонов (1) и минимумов озона (2) над территорией США в 1971-75 гг. (по Л.А. Урановой)

ной волны температура доходит до десятков тысяч градусов. При этом происходит полная диссоциация молекул азота и кислорода и многократная ионизация атомов. Сжатый слой – источник мощного излучения, часть это-

го излучения поглощается самим сжатым слоем, метеорными парами и поверхностью тела, что ускоряет плавление и испарение последнего. Другая часть излучения выходит наружу. В сущности, свечение очень ярких болидов

обусловлено процессами в ударной волне.

Форма ударной волны зависит от формы тела. Тупые тела порождают отсоединенную волну, которая не соприкасается с самим телом, постепенно отходит от него и на больших расстояниях приобретает вид конуса с малым углом раствора. Тела с острым выступом образуют присоединенную волну, начинающуюся от острия. После пролета метеороида ударная волна расходится во все стороны. Рассмотрим волну, идущую вниз. Эта волна замедляет движение и теряет энергию по мере вовлечения в движение



Перемещение циклона 17-24 марта 1972 г. почти повторяет траекторию движения минимума озона 13-23 марта (по Л.А. Урановой). Для каждого дня указаны значения общего содержания озона в области минимума и значения атмосферного давления. Штриховая линия – минимум озона; сплошная – циклон

все больших объемов воздуха; на их разгон и нагревание и тратится энергия. Дойдя до земной поверхности, волна производит характерные звуки (гром, свист, грохот) и частично поглощается поверхностью, вызывая в ней сейсмические колебания. Последние распространяются вдоль земной поверхности, не проникая в глубины. Они-то и ответственны за сотрясения почвы при пролете болидов. Советский астроном И.С. Астапович предложил называть такие колебания метеорными гиперсейсмями.

По оценке И.С. Астаповича, энергия метеорных гиперсейсм составляет 1–2% кинетической энергии метеорного тела. Однако сопоставление энергии гиперсейсм с кинетической энергией некоторых известных объектов показывает, что эта оценка сильно завышена (например, для Тунгусского метеорита в 2500–5000 раз). Примем, что в гиперсейсм переходит только 0,001% кинетической энергии тела. Если в атмосферу влетело тело массой в 1000 т, то при плотности 0,9 г/см³, как у обычного льда, его диаметр составит около 13 м. При скорости 30 км/с кинетическая энергия тела составит $4,5 \times 10^{21}$ эрг, а энергия E , переданная земной коре – $4,5 \times 10^{16}$ эрг. По формуле $\lg E = 1,7M + 9,3$ вычислим магнитуду землетрясения $M = 4,3$ (шкала Рихтера). Интенсивность (степень разрушений) землетрясе-

ния зависит от магнитуды, глубины очага (в нашем случае = 0) и от расстояния до эпицентра. Такое землетрясение может оказаться вполне ощутимым (качаются вещи, предметы, колеблются открытые двери, осыпается побелка). Начнется оно спустя десятки секунд или несколько минут после исчезновения болида, когда ударная волна (в приближенных расчетах ее скорость можно приравнять к звуковой) дойдет до наблюдателя.

Примеры того, что болид может вызывать колебания почвы, правда достаточно слабые, встречаются в старых хрониках. Так, в “Повести временных лет” говорится, что при полете “огненного змея” в 1091 г. “земля стукну”. В XVIII в. о подобных случаях (свыше десятка) сообщал основатель науки о метеорах и метеоритах член-корреспондент Петербургской Академии наук Э.Ф. Хладни. Он отметил, что болиды, вызвавшие сотрясения земли, во всех случаях были чрезвычайно яркие, некоторые из них были дневными, а болид 29 июля 1773 г. даже “погасил” Луну – она просто перестала быть видимой!

В начале прошлого столетия при падении метеорита Л’Эгль во Франции 26 апреля 1803 г. дрожание земли вызвало повреждение некоторых зданий, а звуки падения были слышны на расстояниях до 150 км. Впечатля-

ет описание очевидцем падения метеорита в Мадриде днем 10 февраля 1896 г. Через 1,5 мин после погасания болида “раздался страшный грохот, точно залп из тысячи орудий, за ним последовал ряд постепенно ослабевающих взрывов. Земля сотрясалась... много зданий дали трещины, опрокидывалась мебель, со звоном лопались миллионы оконных стекол. Непредставимая паника охватила население Мадрида... повсюду был слышен плач и крики. Одни кричали “терремото! терремото!” (землетрясение), другие “динамито! динамито!” (взрыв динамита)”.

Такие случаи не раз отмечались и в нашем веке. Два из них заслуживают подробного рассказа.

Первый связан с “Бразильским двойником Тунгусского метеорита”. Это название предложил наш замечательный исследователь Л.А. Кулик, и теперь оно часто встречается в литературе. Падение Бразильского метеорита произошло 13 августа 1930 г. в районе реки Курусы.

Было ясное утро. Примерно в 8 ч солнце вдруг сделалось кроваво-красным, и все вокруг стало погружаться во тьму. Посыпались красноватая пыль и пепел. Раздался звук, напоминающий свист при пролете артиллерийских снарядов. Испуганные люди заметили в небе огромные огненные шары, которые упали в глубину леса. Падение сопровождалось тремя

громовыми раскатами и сотрясениями почвы. Это отчетливо слышали жители близлежащих селений Ремата де Мале и Эсперанса. Тот, кто не видел пролета болидов, решил, что в форте Табатинга ведутся испытания новых орудий и бомб или началась война между Бразилией и Перу.

О Бразильском метеорите поведал итальянский миссионер отец Ф. Де Авиано, собравший и записавший показания очевидцев. В газете Ватикана "Оссерваторе Романо" от 1 марта 1931 г. он опубликовал небольшую заметку о случившемся. Через пять дней об этом же сообщила английская газета "Дейли Геральд". Публикация заинтересовала Л.А. Кулика, и позже он написал большую статью о Бразильском метеорите для журнала "Природа и люди" за 1931 г. К сожалению, статья долго оставалась незамеченной. Лишь в 1989 г. о ней вспомнили томские ученые Н.В. Васильев и Г.В. Андреев, которые вернулись к событию шестидесятилетней давности на страницах журнала Международного метеоритного общества. На сей раз удалось привлечь внимание западных специалистов.

По просьбе английского астронома М. Бейли боливийские исследователи А. Вега из обсерватории святого Каликста и М.

де ла Торре из университета Сан-Андреас разыскали запись сейсмографа от 13 августа 1930 г. на станции Ла-Пас, от которой до Курусы 1300 км. Время записи совпадало с предполагаемым моментом падения метеорита. Сама сейсмограмма соответствует регистрации поверхностных волн Релея. Энергия взрыва оценена в 5 Мт тротилового эквивалента. По мнению М. Бейли, Бразильский метеорит может быть связан с метеорным потоком Персеид, дата максимума которого, 12 августа, близка к дате падения. Осколки метеорита, если они и были, пока не найдены.

Второй случай произошел 26 февраля 1984 г. в Сибири. Около 21 ч по темному небу внезапно побежали яркие всполохи. Из них вырвался добела раскаленный шар с огненным шлейфом. От его света на нескольких улицах Томска сработала автоматика, и погасли фонари уличного освещения. Полет в направлении с юго-юго-востока на северо-северо-запад сопровождался сильными голубовато-зелеными вспышками. После очередной мощной вспышки шар рассыпался на множество красных искр. Взрыв произошел на высоте 2–4 км над верхним течением реки Чулым (Красноярский край), где в нее впа-

дают реки Улукюл и Чичкаюл справа и река Большая Юкса слева. В ближайшей деревне Кайлушка спустя 10 с после взрыва отмечены колебания почвы, а позднее звуковые явления. Кратера или повреждений земной поверхности, как и метеоритного вещества, обнаружено не было. По-видимому, "родительское тело" Чулымского болида (такое название он получил) полностью сгорело и рассеялось в атмосфере. В 1988 г. в сборнике "Метеоритика" появилась статья сотрудников Института физики Земли В.М. Овчинникова и И.П. Пасечника, в которой на основе изучения сейсмических записей, сделанных на ближайших к эпицентру взрыва сейсмических станциях, авторы определили важнейшие параметры: координаты эпицентра, время взрыва, дальность распространения сейсмических и инфразвуковых волн Чулымского болида и т.д. Магнитуда землетрясения составила около 3,4. Энергия взрыва – чуть больше 11 кт тротилового эквивалента.

Надеюсь, что исследователи, прочитав эту статью, будут более внимательно анализировать данные, касающиеся, возможно, сопутствующих метеорологических и сейсмических явлений.

VI Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике

Заключительный этап Российской олимпиады школьников по астрономии и космической физике 1999 г. прошел с 24 по 30 марта 1999 г. в г. Троицке Московской обл., на базе фонда "Байтик" и Центра новых педагогических технологий. По традиции, научное и идейное руководство Олимпиадой осуществляло Астрономическое общество.

На Олимпиаду прибыли 112 школьников из 28 регионов России и Украины. Участников разделили на три возрастные группы: VIII–IX, X и XI классы. Каждый регион мог направить четырех учащихся VIII–IX классов, по два от X и XI классов, а также победителей Российской и Международной олимпиад 1998 г., победителей заочной олимпиады журнала "Звездочет".

На открытии Олимпиады в ГАИШе с приветствиями и лекциями для школьников выступили директор ГАИШ член-корреспондент РАН А.Н. Черепашук, профессор А.В. Засов, другие известные астрономы.

26 и 28 марта на Олимпиаде прошли теоретический и творческо-практический туры. На теоретическом туре школьникам было предложено по 6 задач. В задание творческо-практического тура входила одна творческая и одна практическая. Продолжительность каждого тура для участников составляла 4 часа. Жюри под председательством профессора В.М. Чаругина, как обычно, работало существенно дольше.

Традиционно нестандартные условия творческих задач сказались и на стиле изложения решений. Несомненными лидерами по числу оригинальных решений стали: в первом туре – задачи № 4 для VIII–IX класса и № 6 для IX класса; во втором, естественно, про галактическую инфляцию. Например, "при попадании в телескоп звезда увеличивается в размерах", "окуляр дает в глаз астроному больше света", а наиболее достоверно можно вычислить массу тела путем измерения энергии, выделяющейся при полной его аннигиляции. Как и в

прошлом году, учениками было дано немало советов правительству галактики "Млечный Путь", но все они сводились, в основном, к фразе "больше так не надо делать...". Кстати, попутно выяснилось, что наша Вселенная произошла, оказывается, от одной "газо-пылевой тучи".

Каждая задача первого тура оценивалась из 8 баллов, второго – из 12, но за существенные добавления по каждой задаче можно было получить еще по 2 (на 1 туре) или 3 (на 2-м) балла, т.е. до 10 и 15 соответственно. В день после второго тура участники Олимпиады могли ознакомиться с оценкой своих работ первого тура, побеседовать с членами жюри, проапеллировать.

На закрытии Олимпиады призеры получили Дипломы и ценные подарки. Главный приз Олимпиады – приглашение на Осенние астрономические школы и олимпиады: в Крым, где прошла IV Международная астрономическая олимпиада, и в Специальную астрофизическую обсерваторию РАН.

В рамках Олимпиады состоялась традиционная конференция учителей астрономии. Были обсуждены итоги I Съезда учителей астрономии Российской Федерации и стран Содружества (10–14 декабря 1998 г. Черноголовка), результаты выполнения его резолюций, проблемы общешкольного и дополнительного астрономического образования.

ЗАДАЧИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ТУРА

VIII класс

1. Вам хорошо известно, что такое на Земле “полярный круг”. Солнце может долго не появляться из-за горизонта. “Полярный круг”, аналогичный земному, есть и на Луне. На каких широтах центр Солнца может быть невосходящим для наблюдателя на Луне, если наклон плоскости экватора Луны к плоскости эклиптики составляет $i = 1,5^\circ$? Как часто повторяются там “полярные ночи”? Считать, что Луна всегда находится в плоскости эклиптики.

2. Неподвижным фотоаппаратом производится фотографирование околополярной области неба. Почему дуги, оставляемые звездами одной и той же видимой звездной величины, выглядят тем слабее, чем дальше от “полюса мира” эти звезды находятся?

3. Опишите, что увидит наблюдатель на ночном и дневном небе Марса?

4. Днем звезды не видны из-за рассеяния света Солнца в земной атмосфере. Почему же яркие звезды можно днем наблюдать в телескоп? С каким увеличением телескопа они будут видны лучше?

5. Некоторая звезда находилась сегодня в верхней кульминации в 5 ч 41 мин утра по московскому времени. Когда (в ближайшее время) эта звезда будет находиться в нижней кульминации?

6. Почему при визуальном наблюдении планет в маленький телескоп часто видно больше деталей, чем в большой?

IX класс

1–4. См. задачи №№ 1–4 для VIII класса.

5. Крабовидная туманность расширяется со скоростью около 1000 км/с. Через какое время ее размер возрастет на 10%, если расстояние до нее равно 6500 св. лет, а угловой диаметр, видимый с Земли, составляет примерно $5'$?

6. Предложите принцип действия прибора (приспособления), с помощью которого космонавты внутри космической станции могут измерять массы тел.

X класс

1. В Магадане (широта $\varphi = 60^\circ$) во время полнолуния Луна прошла верхнюю кульминацию на высоте $53,5^\circ$. Какого числа это произошло, если Луна находилась в одном из узлов своей орбиты?

2. Проводя спектроскопические исследования слабой красной звезды,

астрофизик с удивлением понял, что ее лучевая скорость невелика, а спектральный класс – A0. По какой причине это могло произойти? Где может находиться эта звезда?

3. Сегодня, 26 марта, в 0^ч Всемирного времени звездное время в Гринвиче было $S_0 = 12^h 12^m 00^s$. Нему равно звездное время в Троицке в тот момент, когда Вы решаете эту задачу, скажем, ровно в $T_d = 10^h 00^m$? Долгота Троицка $\lambda = 2^h 29^m 15^s$.

4. Планеты в своем видимом движении по небу проходят точки стояния, где они меняют направления своего движения вдоль эклиптики (с прямого на обратное или наоборот). Возьмем, к примеру, Меркурий. В какой связи находятся моменты его стояния с моментами его наибольших восточной и западной элонгаций (угловых удалений от Солнца)?

Выберите из предложенных ниже вариантов правильный ответ и обоснование сопроводите рисунком:

а) Совпадают с ними.

б) Непосредственно предшествуют им.

в) Происходят непосредственно за ними.

г) Происходят после восточной и перед западной.

д) Происходят после западной и перед восточной.

е) Происходят дважды за синодический период планеты независимо от максимальных элонгаций.

ж) Происходят во время соединений (верхнего и нижнего).

з) Для Меркурия эти рассуждения не имеют

смысла, поскольку движение с прямого на попятное меняют только внешние планеты.

- 5. См. № 5 для IX кл.
- 6. Крабовидная туманность расширяется со скоростью 1000 км/с. Через какое время ее размер возрастает на 10%, если расстояние до нее равно 2000 пк св. лет, а угловой диаметр, видимый с Земли, составляет примерно 5'?
- 7. Можно ли увидеть Луну с поверхности Марса невооруженным глазом? Видимая с Земли звездная величина Луны в полнолуние равна $-12,8^m$, среднее расстояние от Земли до Луны – 384 тыс. км, от Солнца до Марса – 1,52 а.е. Ответ подтвердите расчетами.

XI класс

- 1. Как известно; на диаграмме Герцшпрунга-Рессела полоса главной последовательности довольно широкая. Одна из причин – наличие двойных звезд, не разрешаемых на отдельные компоненты. Каков разброс по светимости (в звездных величинах) для звезд одного и того же спектрального класса может быть связан с этим эффектом?
- 2. См. № 2 для X класса.
- 3. Вокруг некоторой планеты по круговой орбите ($R_0 = 10000$ км) обращается космический корабль со скоростью $V_0 = 12$ км/с. В некоторый момент скорость корабля увеличили на $\Delta V = 3$ км/с, не изменяя ее направления. Определить:
 - а) чему стали равны

- после этого периастр и апоастр орбиты корабля?
- б) чему равна скорость корабля в апоастре?
- в) найди массу планеты.
- 4. См. № 4 для X класса.
- 5. Наблюдения радиогалактики, удаленной от нас на миллиард световых лет, показали, что из ядра галактики произошел выброс компактного радиоисточника, который за один год удалился от ядра на расстояние около 0,001". Если считать, что радиоисточник движется прямолинейно со скоростью, близкой к световой ($c = 300\,000$ км/с), то под каким углом к лучу зрения произошел выброс?

- 6. См. № 6 для X кл. и оцените видимую с Марса звездную величину Луны в случае, когда Земля для марсиан находится в наибольшей восточной элонгации.

творческо-практический тур VIII–IX классы

- 7. Для удобства счета времени земная цивили-

зация придумала календарь: дни объединяются в недели, недели – в месяцы, месяцы – в годы. Годы при этом бывают високосными и невисокосными, причем в их чередовании установлен четкий порядок. Годы объединяются в двенадцатилетние и шестидесятилетние циклы и т.д. Все это придумано на основе многолетних наблюдений изменения погоды и движения небесных объектов. Эти же наблюдения дали и магические для землян числа (например, 7 или 12).

Придумайте такой же календарь для жителей Марса, считая, что мыслят они так же, как и мы. Воспользуйтесь приведенными ниже данными о движении небесных тел, видимых с Марса. Естественно, можно использовать и другие данные, если они Вам известны. Какие “магические” числа могут быть у марсиан?

Планета или спутник	Период обращения вокруг центрального тела (в сутках)	Период обращения вокруг оси (в сутках)
Меркурий	87,969	–
Венера	224,701	–
Земля	365,256	0,99726
Марс	686,980	1,02596
Юпитер	4332,588	–
Сатурн	10759,201	–
Луна	27,320	–
Фобос	0,319	–
Деймос	1,263	–
Наклон плоскости экватора Марса к плоскости его орбиты составляет 25°12'		

8. Серия фотографий фотосферы Солнца получена в период, когда Земля пересекала плоскость солнечного экватора. На солнечном лимбе различимы солнечные пятна, точки севера и востока гелиографических координат. Известны даты и моменты (доли суток) наблюдений Солнца.

Определите синодический период вращения Солнца.

X–XI классы

7. Несмотря на неудачный прошлогодний эксперимент по деноминации мер и весов, а также на настоятельные просьбы участников V Российской астрономической олимпиады больше так не экспериментировать (Земля и Вселенная, 1999, № 1, с. 49) правительство галактики “Млечный Путь” продолжило в прошлом году изменять параметры в своей Галактике. Центральный фотонный банк галактики произвел эмиссию не обеспеченных достаточным количеством энергии фотонов. Фотоны выпускались того же цвета, что и раньше, и той же массы, но количество их в пространстве резко возросло. В результате такой неконтролируемой эмиссии произошла “фотонная инфляция”, и к концу года курс светового года по отношению к парсеку сильно упал, 1 парсек составлял уже не 3,26 св. лет, как раньше, а 14 световых лет (!). Считая, что парсек – величина стабильная и не подверженная инфляции (ведь

она определяется только из геометрических соображений), опишите, что произошло в Галактике в результате такой “фотонной инфляции”. Какие физические константы изменились и в какую сторону? Что теперь могут в большей (а также в меньшей) степени узнавать о Вселенной астрономы нашей Галактики (в настоящее время, в близком и далеком будущем)? Как будет выглядеть галакти-

чем $90 + i = 91,5^\circ$. Отсюда угловое расстояние наблюдателя от полюса Луны не должно превышать $1,5^\circ$, а селенографическая широта должна быть больше $90 - 1,5 = 88,5^\circ$. Как часто бывают там “полярные ночи”?

2. Чем дальше от полюса, тем длиннее дуги, оставаемые звездами (больше их угловая – относительно наблюдателя – скорость перемещения по небу), следовательно, их

ПОБЕДИТЕЛИ VI РОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ И КОСМИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ,
НАГРАЖДЕННЫЕ ДИПЛОМАМИ I СТЕПЕНИ:

Аболмасов Павел, г. Москва, X класс,
Зиновьев Данила, г. Челябинск, IX класс,
Самарин Павел, г. Екатеринбург, X класс,
Соболевский Вадим, г. Краснодар, X класс,
Цветков Егор, г. Великий Новгород, IX класс,
Шапиро Александр, г. Санкт-Петербург, XI класс.

ка “Млечный Путь” для астрономов других галактик? И что бы Вы посоветовали предпринять правительству галактики “Млечный Путь”, чтобы стабилизировать ситуацию и вернуть знакомое с детства соотношение $3,26 \text{ св. лет} = 1 \text{ пк}$?

8. Условие: см. № 8 для VIII–IX классов. Вопрос: определите синодический и звездный периоды вращения Солнца.

Решения задач теоретического тура

VIII класс

1. Чтобы центр Солнца не восходил в течение лунных суток, угол между осью вращения Луны и направлением на Солнце должен быть большим,

свет “размазывается” на большую площадь, что и приводит к уменьшению яркости дуг.

3. Вид ночного неба Марса похож на земной. Однако Юпитер и Сатурн там заметно ярче, а вот Венера и Меркурий – слабее в несколько раз. Видна яркая Земля, Луна тоже видна невооруженным глазом. Быстро движутся по небу спутники Марса (Фобос и Деймос). Не забудьте, что Фобос восходит на западе, заходит на востоке, а за ночь может дважды пересечь небосвод. Дневное небо Марса отличается от земного.

А днем? Солнечный диск в полтора раза меньше “нашего”. Из-за разреженной атмосферы небо днем на Марсе довольно

темное, и на нем видны спутники Марса, планеты и даже некоторые звезды.

4. Телескоп увеличивает поток света от звезды, попадаемый в глаз наблюдателя, пропорционально отношению площадей объектива и выходного зрачка окуляра. При этом звезда по-прежнему остается точечным объектом, но блеск ее существенно уменьшается. Что же касается яркости неба, то она не увеличивается, а, как правило, уменьшается (убедитесь, взглянув днем на небо в телескоп). Это потому, что телескоп увеличивает не только поток света от яркого неба, но и угловой размер того кусочка неба, который виден в окуляр (как бы размазывается его свет на большую площадь). При этом яркость неба, видимого в окуляр, остается неизменной при нормальном (равнозрачковом) увеличении (или уменьшении), а при увеличении больше нормального (которое, как правило, и используется при наблюдениях) – вообще выглядит менее ярким, чем невооруженным глазом. Таким образом, в окуляр мы видим более яркие звезды на фоне либо такого же, либо существенно потемневшего неба. Очевидно, что наибольший шанс увидеть звезды будет при использовании больших увеличений, но не настолько больших, при которых изображения звезд выглядят как размытые протяженные пятна (ведь

тогда их яркость тоже будет падать с ростом увеличения).

5. Очевидно, через время, необходимое, чтобы небесная сфера повернулась на пол-оборота. Один оборот она совершает примерно за 23 ч 56 мин. Значит, событие наступит через 11 ч 58 мин после времени верхней кульминации, т.е. в 17 ч 39 мин.

6. Неоднородности воздуха создают непрерывно появляющиеся и исчезающие “воздушные линзы”, размером в десятки сантиметров. Диаметры объектов маленьких телескопов обычно меньше размеров этих “линз”, поэтому при перемещении неоднородностей изображение дрожит, но остается резким. В большой телескоп попадает свет, прошедший через несколько “линз”, каждая из которых отклоняет лучи случайным образом. Поэтому изображение не дрожит, а становится размытым. При этом мелкие детали на поверхности планет неразличимы.

IX класс

5. Линейный диаметр туманности составляет около 9,5 св. лет (в одном радиане $180 \times 60/\pi \approx 3438'$, $6500 \times 5/3438 \approx 9,5$). Для увеличения размеров на 10% (т.е. радиуса – на 0,47 св. года) требуется время $t \approx 0,47 \times 9,5 \times 10^{15} \text{ м}/10^6 \text{ м/с} \approx 4,5 \times 10^9 \text{ с}$, или около 140 лет.

6. Вариантов может быть много в зависимости от фантазии отвечающего, но сводятся они к ис-

пользованию второго закона Ньютона. Можно, например, изменять частоту колебаний тела (сравнивать с частотой колебания “гири”), прикрепленного к пружине, концы которой закреплены на массивном корпусе корабля.

X класс

1. Так как нам известны широта и высота, то мы можем найти склонение Луны в этот (пока неизвестный для нас) день:

$$h_n = 90^\circ - \varphi + \delta_n$$

$$\delta_n = h_n - 90^\circ + \varphi$$

$$\delta_n = 53,5^\circ - 90^\circ + 60^\circ = 23,5^\circ$$

Поскольку Луна находится в узле, она наблюдается на эклиптике. Но так как Луна и Солнце во время полнолуния находятся в противоположных точках небесной сферы, то склонение Солнца равно $23,5^\circ$. Следовательно, это произошло в одну из дат, близких ко дню зимнего солнцестояния (в конце декабря).

2. Цвет звезды зависит от распределения энергии в ее (видимом) спектре. Если ученый не ошибся (бывает, увы, и такое) и по линиям поглощения спектральный класс звезды A0, то это могло произойти в одном случае – когда свет звезды сильно ослабел из-за межзвездного поглощения. Межзвездная пыль сильнее поглощает коротковолновое излучение, чем длинноволновое (как и при рассеянии света в земной атмосфере). Поэтому, если луч света преодолел

большой слой межзвездной пыли, звезда не только ослабела, но и спектр ее излучения мог измениться так, что интенсивность коротковолнового излучения стала меньше интенсивности длинноволнового излучения. Поэтому звезда и кажется красной. Поскольку пыль сосредоточена преимущественно в диске Галактики, звезда расположена где-то в полосе Млечного Пути.

3. В этот момент Всемирное время составляло $10 - 3 = 7$ час. Поскольку звездные часы убегают по сравнению с солнечными на 3 мин 56 с = 236 с за солнечные сутки, в Гринвиче звездное время на этот момент

$$S_{\Gamma} = 12^{\text{ч}}12^{\text{м}}00^{\text{с}} + 7^{\text{ч}} + (7/24) \times 236 \text{ с} = 19^{\text{ч}}13^{\text{м}}09^{\text{с}}.$$

Разность времен равна разности долгот. Поэтому:

$$S = S_{\Gamma} + \lambda = 19^{\text{ч}}13^{\text{м}}09^{\text{с}} + 2^{\text{ч}}29^{\text{м}}15^{\text{с}} = 21^{\text{ч}}42^{\text{м}}24^{\text{с}}$$

4. Если бы Солнце не перемещалось по эклиптике, то моменты стояний и наибольших элонгаций совпадали бы. Но из-за движения Солнца по эклиптике с запада на восток стояния происходят, когда скорость видимого движения планеты вдоль эклиптики компенсирует скорость Солнца. Поэтому правилен "Ответ 2".

5. Линейный диаметр туманности составляет около 2,9 пк (в одном радиане $180 \times 60/\pi \approx 3438'$, $2000 \times 5/3438 \approx 2,9$ пк). Для увеличения размеров на 10% (т.е. радиуса — на 0,145 пк) требуется

время

$$t \approx 0,145 \times 3,1 \times 10^{16} \text{ м}/10^6 \text{ м/с} \approx 4,5 \times 10^9 \text{ с},$$

или около 140 лет.

6. Рассмотрим две возможности.

а). Достаточно ли яркая Луна, чтобы быть видимой с Марса.

б). Достаточно ли угловое расстояние между Землей и Луной, чтобы для невооруженного глаза они не сливались в один светящийся объект.

а). Расстояние от Луны до Марса меняется от 0,52 а.е до 2,52 а.е (в среднем 1,52 а.е.). Если бы Луна наблюдалась с Марса в свое полнолуние, то ее звездная величина была бы равна:

$$m \approx -12,8^{\text{м}} + 5 \lg (1,52 \times \times 150000/384) \approx -12,8^{\text{м}} + 13,9^{\text{м}} = 1,1^{\text{м}}.$$

При наибольшем удалении Луны от Марса аналогично получаем $m \approx +2,2^{\text{м}}$. Таким образом, хотя Луна на Марсе в темное время суток не может наблюдаться в полнолуние, есть достаточный запас яркости для того, чтобы она была хорошо видна невооруженным глазом в других конфигурациях. Можно оценить звездную величину Луны и в случае, когда Земля для марсиан находится в наибольшей элонгации (ответ: около $+1,6^{\text{м}}$).

б). Угловое расстояние между Луной и Землей достаточно велико. При наибольшем удалении Земли от Марса оно составит: $\arcsin ((384/150000)/2,52)$, что соответствует примерно $3,5'$ (это будет

вполне разрешаемо глазом).

Таким образом, Луну на Марсе не просто можно увидеть, скорее ее сложно не заметить.

XI класс

1. Пусть L_0 — светимость более яркого компонента, L_1 — слабого. Тогда двойная звезда становится ярче, чем более яркий компонент, на

$$\Delta m = 2,5 \lg ((L_0 + L_1)/L_0)$$

Так как $0 \leq L_1 \leq L_0$, то изменение звездной величины

$$2,5 \lg ((L_0 + 0)/L_0) \leq \Delta m \leq 2,5 \lg ((L_0 + L_0)/L_0) \\ 0 \leq \Delta m \leq 2,5 \lg 2$$

Ширина полосы по оси звездных величин составляет $2,5 \lg 2 \approx 0,75^{\text{м}}$.

3. Решение задачи проще начать с пункта "в". Из условия движения корабля по круговой орбите $V_0^2/R = GM/R^2$ получаем

$$M = V_0^2 R/G \approx 2,16 \times 10^{25} \text{ кг}.$$

а). Периастр орбиты корабля после увеличения скорости останется равным R . Чтобы найти апоастр орбиты и скорость корабля, используем закон сохранения энергии и II закон Кеплера (через V_1 обозначим $V_0 + \Delta V$):

$$mV_1^2/2 - GMm/R_0 =$$

$$= mV_2^2/2 - GMm/R_2$$

$$V_1 R_0 = V_2 R_2$$

учитывая, что $GM = V_0^2/R_0$, и решая эти два уравнения совместно, получаем (из квадратного

уравнения) два корня:

$$R_2 = R_0 \text{ и } R_2 = \\ = R_0 V_1^2 / (2V_0^2 - V_1^2)$$

Первый из них соответствует положению корабля в периастре и, следовательно, нам не нужен. Второй соответствует апоастр (R₂ ≈ 35 700 км).

б). Скорость корабля в апоастре: V₂ = V₁R₀/R₂ ≈ ≈ 4,2 км/с.

5,0,001" соответствует отношению 1 : 2 × 10⁸ видимого перемещения источника к расстоянию до него. Видимая скорость движения источника: V_{вид} ≈ c × 10⁹ лет/(2 × 10⁸ × × 1 год) ≈ 5 с, где c – скорость света. Получается, V_{вид} в 5 раз больше скорости света! Это связано с тем, что радиоисточник движется вместе с испускаемыми им радиоволнами в сторону наблюдателя. Найдем требуемый угол α. Пусть выброс из ядра галактики произошел в момент t = 0. Тогда сигнал об этом событии будет принят в момент t₁ = D/c, где D – расстояние от наблюдателя до ядра. Теперь рассмотрим радиовыброс, летящий в сторону наблюдателя под углом α к лучу зрения, в тот момент, когда он пройдет расстояние L от ядра. На это будет затрачено время L/c, а расстояние до Земли в этот момент составит D – L × cos α. Сигнал от выброса будет принят на Земле в момент t₂ = L/c + +(D – L × cos α)/c. Таким образом, наблюдатель увидит выброс через время

$$t_2 - t_1 = (L - L \times \cos \alpha) / c$$

после того, как он покинул ядро. При этом выброс удалится от ядра в направлении, перпендикулярном лучу зрения, на расстояние L × sin α, чему по условию задачи соответствует угол 0,001". Отсюда видимая скорость перемещения по небу составит

$$L \times \sin \alpha / (t_2 - t_1) = c \times \\ \times L \times \sin \alpha / L(1 - \cos \alpha) = \\ = c \times \sin \alpha / (1 - \cos \alpha)$$

что должно составить 5 с. Учитывая, что

$$1 - \cos \alpha = \\ = 2 \sin^2 \alpha / 2 \text{ и } \sin \alpha = \\ = 2 \sin \alpha / 2 \times \cos \alpha / 2$$

получаем, что (1 – – cos α)/sin α = tg α/2. Из условия tg α/2 = 1/5, получаем α/2 ≈ arctg 0,2 α = 22,5°

6. Рассмотрим две возможности. а). Достаточно ли яркая Луна, чтобы быть видимой с Марса. б). Достаточно ли угловое расстояние между Землей и Луной, чтобы для невооруженного глаза они не сливались в один светящийся объект. Сразу заметим, что при решении этой оценочной задачи эксцентриситетом орбиты Марса, наклонением плоскости ее орбиты к эклиптике и, тем более, расстоянием от Земли до Луны по сравнению с расстояниями между планетами можно пренебречь. а). Расстояние от Луны до Марса меняется от 0,52 а.е. до 2,52 а.е. и в среднем составляет 1,52 а.е., а при элонгациях Земли

равно (1,52² – 1)^{1/2} ≈ 1,14 а.е. Если бы Луна наблю-

далась с этого расстояния в свое полнолуние, то ее звездная величина была бы равна

$$m \approx -12,8^m + 5 \lg(1,14 \times \\ \times 150000/384) \approx \\ \approx -12,8^m + 13,6^m \approx 0,8^m$$

В нашем же случае Луна наблюдается с Марса в конфигурации, когда видна ровно половина ее освещенной Солнцем стороны. Если считать, что в этом случае к нам от Луны попадает в 2 раза меньше света (на самом деле еще меньше), то звездная величина увеличится на 2,5 × lg 2 ≈ ≈ 0,75^m и составит +1,6^m. Весьма яркая звездочка для невооруженного глаза.

б). Угловое расстояние между Луной и Землей достаточно велико, и в случае наибольшей элонгации Земли оно составит arcsin ((384/150000)/1,14), что соответствует примерно 7,7'. Половина лунного радиуса, видимого с Земли. Так что с Марса система Земля–Луна будет вполне разрешаема глазом. Таким образом, Луну на Марсе не просто можно увидеть, скорее ее сложно не заметить.

И в заключение к задаче № 3 для VIII–IX классов и задаче № 6 для X–XI классов – маленькое философское отступление о развитии античной астрономии на Марсе. При становлении марсианской цивилизации уже в античный (в нашем понимании) период, еще до изобретения телескопа, местные астрономы могли достоверно опреде-

лить, что их Четвертая планета находится примерно в полтора раза дальше от Солнца, чем Третья планета. И сделать вывод, что только на этих двух планетах в Солнечной системе может существовать разум – ведь у других планет нет спутников, значит нет прили-

вов и отливов, а без них жизнь не может выйти из океанов на сушу...

Просим все ваши вопросы, замечания и предложения по комплексу задач, другим вопросам, а также интересные задачи, которые вы хотели бы увидеть на будущих олим-

пиадах, направить автору по электронной почте gavrilov@issp.ac.ru или по адресу: 142432, Черноголовка Московской обл., Институтский просп., 15, ИФТТ РАН.

*М.Г. ГАВРИЛОВ,
кандидат физико-математических наук*

Информация

Взгляд на эпоху формирования галактик

До сих пор считали, что значительная часть звезд (около 80%) появилась в галактиках во второй половине жизни нашей Вселенной, т.е. в последние 7–8 млрд лет. Теперь в этом возникли сомнения. Выказывается мнение, что процесс формирования галактик со звездами в них активно шел уже в первые 20% жизни Вселенной, ранее, чем 3 млрд лет после Большого Взрыва. Однако эти древние галактики не поддаются детальному исследованию в обычные оптические телескопы.

Тому есть две причины. Во-первых, некоторые галактики могут быть сильно затемнены пылью, поглощающей излучение звезд в оптическом диапазоне. Во-вторых, во многих галактиках звездообразование давно прекратилось. Главный вклад в их излучение

вносят старые, холодные и красные звезды, а по пути к наблюдателю максимум излучения этих звезд смещается из красной в инфракрасную область спектра.

Группа европейских астрономов предприняла поиски таких галактик на Очень Большом Телескопе (ОБТ) Европейской Южной Обсерватории, расположенном на горе Параналь в Чили. Снимки с длительными экспозициями были сделаны с помощью прибора ISAAC (Infrared Spectrometer And Array Camera), установленного на ANTU, первом 8,2-м зеркале ОБТ (Земля и Вселенная, 1999, № 3). Инфракрасные снимки ISAAC перекрывают поле зрения площадью в $(4,5')^2$, что в семь раз превышает возможности любого другого инструмента. Это позволяет получить информацию не только о распределении галактик, но и о существовании ассоциаций далеких галактик.

Для наблюдений выбрали часть участка, уже исследованного с помощью рентгеновско-

го спутника Chandra X-Ray. Инфракрасный снимок был получен на длине волны 2,2 мкм с суммарной экспозицией 8,5 ч. Кроме того, снимки в двух полосах оптического диапазона сделаны с помощью Телескопа Новых Технологий ЕЮО, на горе Ла Силья. Сравнение снимков, полученных в инфракрасном, оптическом и рентгеновском диапазонах даст информацию об активности ядер галактик, о процессах в окрестностях массивных черных дыр, расположенных в центрах галактик, и областях интенсивного звездообразования.

Первый анализ показал, что галактики существовали, когда возраст Вселенной составлял 4 млрд лет. Уже этот факт очень важен для понимания, какими темпами шел процесс конденсации материи в ранней Вселенной и как появлялись первые галактики и звезды. Ученые надеются при дальнейших наблюдениях получить информацию о состоянии материи в период 1–2 млрд лет после Большого Взрыва.

ESO Press Release 02/00

Космос на рисунках юных художников

В конце марта 1999 г. в Москве, в помещениях Госкомсвязи РФ и Почтового салона Издатцентра "Марка" экспонировалась часть графических работ, представленных на конкурс детского рисунка для почтовых марок серии "Россия в XXI веке". Устроитель конкурса – Госкомитет РФ по связи и информатизации. Цель конкурса – "привлечение молодежной аудитории к филателии, поиск новых сюжетов для почтовых марок и их нестандартного воплощения".



"Небо безмерно велико", Татьяна Афанасьева

Большинство присланных работ раскрывают тему. Жюри состояло из 11 человек, среди них и космонавт-2 Г.С. Титов. Из почти 5000 работ, выполненных акварелью, гуашью и фломастером, лучшей присудили главную премию, а 30 рисунков получили призы.

Космической теме посвящено около трети всех рисунков. Мне особенно понравились восемь. В них ребята 8–13 лет выразили свои представления о Вселенной, внеземных цивилизациях и освоении планет Солнечной системы.

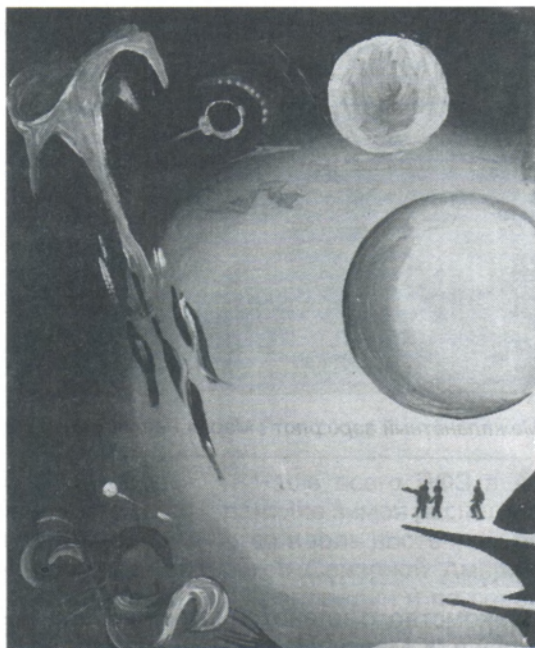
Сюжетная и стилистическая тема, открытая Н.Н. Якимовой и представленная в начале 70-х гг. в ГАИШ МГУ и в КРАО (Земля и Вселенная, 1979, № 3) нашла продолжение в рисунках "Космос в XXI в." Татьяны Афанасьевой,

"Космос в XXI веке", Татьяна Афанасьева

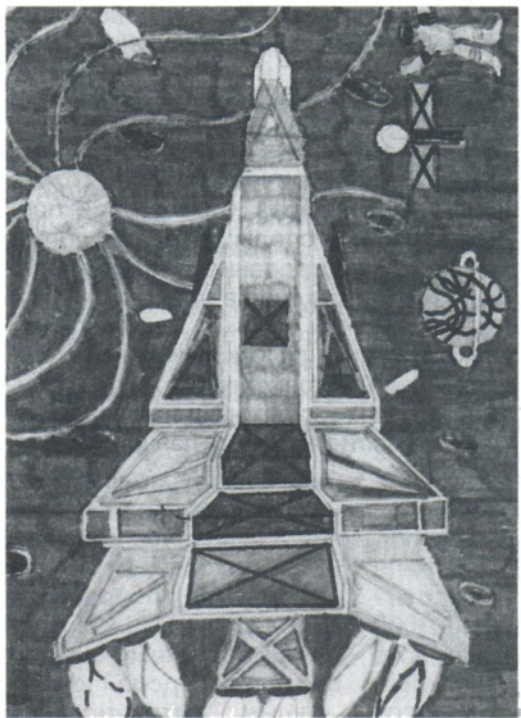




"К Марсу", Иван Пеньков



"Знакомство с планетой", Ирина Сорокина



"Ввысь", Марат Насыров



"Дружба", Елена Роговая



"Межпланетный аэрофлот", Мария Чеплашкина



"Без названия", Юлия Сочиева

"Знакомство с планетой" Ирины Сорокиной и "К Марсу" Ивана Пенькова (детско-юношеский центр г. Иваново, руководитель студии Р.С. Петрунина).

Нина Якимова использовала в картинах "Ледяные пики", "В порыве", "В ладонях" природную структуру срезов дерева, подчеркивая семейства кривых, близких к коническим сечениям, и тем самым создавая обобщенный портрет космоса, как среды. Работающие в традиционной манере юные ивановцы смогли, видимо интуитивно, показать движение в пространстве, лишенном силы тяжести. Если не читать подписи к рисункам, можно подумать, что перед зрителями подводные растения, глубоководные аппараты и солнце под водой, одним словом, мир океана. Это, по моему, нечто новое в космической живописи и графике. Галактические диффузные и планетарные туманности, расширяющиеся на глазах одного поко-

ления остатки сверхновых изображены лишь на снимках, полученных с орбитального телескопа им. Хаббла.

Дать аллегорический и в то же время ясный образ Космоса как пространственной среды, с трудом допускающей существование в ней человека, — задача трудная в плане сюжета и техники.

Хотя авторы рисунков и не вошли в число финалистов конкурса, можно считать, что юные художники на верном пути и уже достигли определенного успеха.

А.Ю. ПОГОСЯНЦ

Рождественский ураган над Западной Европой

25 декабря 1999 г., когда Париж вместе с живущим по григорианскому календарю христианским миром готовился отметить очередное Рождество Христово, над городом пронесся небывалой силы ураган. Всю ночь и до полудня следующего дня над всей Северной Францией бушевал ветер, достигавший скорости 200 км/ч и больше. Тысячи вековых деревьев повалены и вырваны с корнем. Пострадал и знаменитый Версальский парк. Повреждены многие здания, в том числе собор Нотр-Дам де Пари, фасад которого только что отреставрировали. На несколько часов были закрыты парижские аэропорты. Объявлено о гибели 20 человек.

На следующий день ураган добрался до Германии, Швейцарии, Австрии. И там жертвы. А 28 декабря стихия атаковала Южную Францию. Больше всего пострадал Бордо. Город остался без электричества, вышедшая из берегов Гарона затопила первые этажи зданий.

Под Новый год подведены печальные итоги: во Франции из-за урагана погибло 78 человек, а во всей Европе – 120. Ущерб превысил 5 млрд долларов.

Чтобы объяснить происшедшее, вспомним о циклонах. Эти атмосферные вихри возникают не случайно и не везде. Зарождается и развивается циклон в высотной фронтальной зоне (ВФЗ). Это сравнительно узкий, но протяженный раздел между холодной и теплой воздушными массами. В средней и верхней тропосфере (на высоте 4–9 км) ВФЗ существует в виде воздушного течения, своеобразной воздушной “реки”. О запасах энергии, которой это течение располагает, можно судить по скорости ветра в нем, достигающей “на стремнине” обычно 100, а в некоторых случаях и 200–300 км/ч. Благодаря этой энергии первичные некрупные завихрения воздуха в нижележащем слое атмосферы развиваются в полномасштабные циклоны.

Чаще всего ВФЗ в Атлантике зимой располагается вдоль восточных берегов Северной Америки и Гренландии и по северным берегам Европы. Именно на этой трассе циклоны, набравшие силу, нередко обрушиваются штормовой непогодой на Британские острова и Скандинавию, а также на наше мурманское побережье.

Иногда развитие атмосферных процессов резко меняет ориентировку ВФЗ. Так и случилось в конце минувшего года. 22–24 декабря через Британские острова пролегла ВФЗ, направленная с Атлантики на Скандинавский полуостров. Она была обычной по интенсивности: скорость ветра на ее оси составляла 100–140 км/ч. Двигавшиеся под ней циклоны время от времени приносили в Ирландию, Великобританию и на берега Норвегии дожди и штормовые (но не ураганные) ветры. Распространившиеся за этими циклонами холодные массы воздуха оттеснили ВФЗ к югу, как бы сжали

ее, сделали плотнее, а значит – активнее. В результате ВФЗ протянулась с запада на восток над Францией, а максимальная скорость ветра в ней возросла чуть ли не вдвое, до 205 км/ч. Зародившиеся в Атлантике циклоны обладали теперь гораздо большей энергией и быстротой перемещения.

В ночь на 25 декабря первый из них промчался по северу Франции со ско-

ростью 100 км/ч. Он и принес основные бедствия. А двое суток спустя пожаловал второй циклон. Менее стремительный, он повлек за собой не столь тяжелые последствия.

Нам неизвестно, были ли предсказан ураган французскими синоптиками. По данным Гидрометцентра России, смещение высотной фронтальной зоны на континентальную Европу и прохождение

циклонов под ней были рассчитаны в европейских метеорологических центрах как минимум с двухсуточной заблаговременностью. Но синоптики-прогнозисты не могли предполагать, что усилившийся ветер достигнет ураганной мощи.

*Т.Г. ИВАНИДЗЕ,
кандидат географических наук
Гидрометцентр РФ*

Информация

Спутник исследует ледники Антарктиды

Наблюдения с канадского ИСЗ “Radarsat” помогли исследовать особенности Западно-антарктического оледенения, распространяющегося, в основном, по морскому дну. Данные интерферометрической съемки с помощью радиолокационных приборов проанализированы специалистами из Канадского центра телеметрии в Оттаве, Центра космических полетов им. Годдарда НАСА США в Гринбелте (штат Мэриленд), Университета штата Техас в Остине под руководством сотрудника Лаборатории реактивного движения в Пасадене (штат Калифорния) Йэна Джугина.

Спутники гражданского назначения, работавшие прежде, были снабжены радиолокаторами, ориентированными на север. Поэтому районы Ан-

тарктиды южнее от 79° ю.ш., были вне их поля зрения. Но в сентябре 1997 г. канадскому ИСЗ “Radarsat” была дана команда на один месяц развернуться к югу и охватить съемкой с высоким разрешением весь шестой континент.

Полученные им радиоинтерферометрические данные позволили фиксировать относительно медленные (менее 100 м/год) движения ледников, характерные для верхних притоков главных ледниковых потоков.

В поле зрения радиолокатора оказалась Западная Антарктида к югу от Трансантарктического хребта и вплоть до зоны присоединения ледниковых потоков к шельфовому леднику Росса. Прежде данные были или ненадежны, или полностью отсутствовали. Теперь картина оледенения стала яснее.

Подтверждены предположения, согласно которым истоки ледников сдвигаются в глубь континента со скоростью несколько сотен метров в год.

Обнаружено множество мелких “ручьев” льда, питаю-

щихся из одного и того же источника. Скорость движения льда в притоках почти в 10 раз больше, чем в окружающем их ледяном массиве.

Расположение сети притоков зависит от глубинной топографии и совпадает с местонахождением подледных долин. Самая глубокая из этих долин – подводная впадина Бентли (более 2500 м под уровнем моря). Здесь зарегистрировано особенно быстрое течение льда, толщина которого почти вдвое больше, чем у окружающего ледника. В районе, где аккумуляция и интенсивность теплового потока постоянны, мощный ледяной покров имеет у основания более высокую температуру, лед размягчается и свободнее подвергается деформации. Это частично объясняет повышенную скорость течения некоторых притоков.

Два притока, впадающие в общую застойную ледниковую зону, образуют зону быстрого нарастания мощности – со средней скоростью 0,49 м/г.

Science 1999, 286, 283

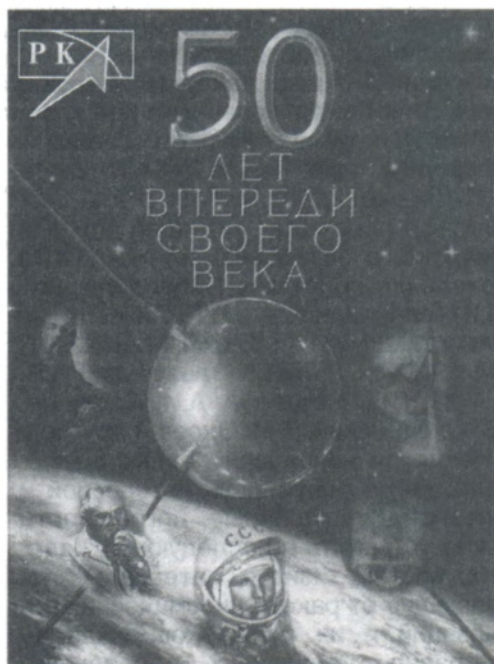
Организации ракетно-космической отрасли России

В конце XX века вышли в свет научно-популярные книги и солидные труды, посвященные освоению и использованию космического пространства в интересах науки, народного хозяйства, международного сотрудничества и обороны нашей страны. Например, ветеран ракетно-космической техники член-корреспондент РАН Б.Е. Черток издал многотомные мемуары “Ракеты и люди”, а В.В. Фаворский и И.В. Мещеряков – двухтомный труд “Военно-космические силы” (Земля и Вселен-

ная, 1998 г., № 3, с. 58; 1999 г., № 2, с. 20).

Недавно опубликована книга-альбом **“50 лет впереди своего века. 1946–1996 гг.”** (под общей редакцией Ю.Н. Коптева. М., “Российское космическое агентство”, 1998 г.) об истории развития отечественных организаций ракетно-космической промышленности. Материалы книги собраны Научно-техническим центром системного проектирования ЦНИИ машиностроения. Сведения о своей деятельности каждое предприятие космической отрасли готовило самостоятельно, чем и объясняются несоответствия в изложении некоторых событий.

Сборник состоит из семи разделов, посвященных основным элементам инфраструктуры космонавтики: ракеты, ракеты-носители и их системы; космические аппараты и бортовое оборудование; средства подготовки и запуска ракет-носителей; космодромы; научное и экспериментальное обеспечение, материалы и технологии; конверсионные разработки и организационно-экономическое обеспечение. В обращении к читателям Генеральный директор Росавиакосмоса (новое название Российского космического агентства) Ю.Н. Коптев дает краткий обзор важнейших исторических событий развития ракетно-космической техники, называет ее основных создателей и руководителей отрасли. Книгу дополняют приложения: “Этапы отечественного ракетостроения и космонавтики” (хронология событий



до 1946 г.) и "Основные события отечественного ракетостроения и космонавтики" (после 1946 г.).

Космическая техника создавалась на предприятиях профильной области в кооперации с организациями из других министерств и ведомств, некоторые из них не связаны с космонавтикой. В книге перечислены только головные предприятия ракетно-космической отрасли. Поэтому составители сборника обратились к читателям предоставить информацию для последующих изданий книги. Редколлегия, видимо, полагает, что читателю интересна информация об основных элементах инфраструктуры космонавтики, и дает подробное и повторяющееся описание головных предприятий в разных разделах. Поэтому, это один из недостатков книги. Работа авторов, похоже, не была скоординирована. Несогласованность привела к тому, что одни предприятия (например, ВНИИ ЭМ, НИИ ПМ им. В.И. Кузнецова, НПО ПМ им. М.Ф. Решетнева, НПО "Звезда", КБ "Арсенал", КБОМ им. В.П. Бармина) отразили свой многогранный вклад в развитие космонавтики, а другие (например, РНИИ КП, НИИ ТП) отнеслись к этому формально и не рассказали о своих передовых разработках. Не названы авторы некоторых образцов техники и приборного оборудования, их основные характеристики, смежные организации. Например, без приборов с зарядовой связью и бортовых вычислительных комплексов "Салют", созданных в НПО "Элас" и СКБ им. Д.И. Козлова, не могли бы работать многие космические аппараты. В книге не упоминается смежная с ними организация и ее генеральный конструктор Г.Я. Гуськов.

Не упоминается и наземная система высокоточных траекторных измерений "Вега", предназначенная для отработки автономных систем управления. Эта система была создана под руководством выдающегося конструктора Г.А. Барановского. Не отражены и выдающиеся достижения РНИИ КП, где разработаны лазерные измерительные системы КОС "Сажень-С" и уникальный комплекс "Сириус", размещающийся на горе Майданак в Киргизии (главный конструктор

В.Д. Шаргородский). Нет сведений по уникальному комплексу бортовых и наземных средств спутниковой системы навигации "ГЛОНАСС", созданных под руководством Н.Е. Иванова.

В книге утверждается (с. 99-100), что все радиотехнические системы измерения и управления КА созданы в Российском НИИ космического приборостроения. Тогда как радиосистемы "Трал" и "Кама", а также комплекс дальней космической радиосвязи в Медвежьих озерах были разработаны под руководством академика А.Ф. Богомолова в ОКБ МЭИ.

Огромный и еще не оцененный вклад в развитие космонавтики внесен учеными и инженерами-конструкторами НИИ-88 (ныне Центральный научно-исследовательский институт машиностроения). Вместе с тем вызывает недоумение ошибочное утверждение, что со времени запусков первых спутников НИИ-88 выступает в числе головных предприятий по обеспечению баллистическими расчетами и управлением полетов ИСЗ (с. 152). В соответствии же с распределением работ между Министерством обороны и промышленностью командно-измерительные комплексы создавались НИИ-4 МО. Здесь же, под руководством Г.А. Тюлина и Ю.А. Мозжорина, выполнялись траекторные измерения для всех ракет-носителей и баллистическое обеспечение при управлении полетами спутников. Только с переходом этих крупных ученых в ЦНИИ машиностроения там стали создаваться сначала вычислительный комплекс, а затем знаменитый Центр управления полетами. Проводили обучение специалистов ЦУПа известные баллистики НИИ-4 МО и ИПМ АН СССР И.М. Яцунский, П.Е. Эльясберг, А.В. Брыков, В.Д. Ястребов, А.И. Сафонов, Д.Е. Охочимский, Т.М. Энеев и другие.

Несмотря на перечисленные недостатки, книга получилась интересной и полезной. Допущенные погрешности можно устранить в последующих изданиях, систематизируя материалы, поступающие от ракетно-космических организаций и их смежников. Издание прекрасно оформлено и снабжено

цветными фотографиями ракет-носителей, стартовых комплексов, космических аппаратов, ракетных двигателей, сборочного и испытательного оборудования. Оно непременно принесет большую помощь формированию общественного мнения по отношению к космонавтике, чем, в частности, занимается

Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского с первых дней своей работы.

*И.В. МЕЩЕРЯКОВ,
главный академик-секретарь и вице-президент
Российской академии космонавтики
им. К.Э. Циолковского*

Информация

Космическая программа “Протей”

В настоящее время на французской фирме по производству спутников связи “Alcatel Space Industries” начата разработка новой космической платформы, на основе которой будут создаваться научные и прикладные малые спутники. Программа получила название морского божества, сына Посейдона, “PROTEUS” (“Протей”, платформа с изменяемой конфигурацией для дистанционного зондирования, связи и научных исследований) и предусматривает изготовление серии научных, прикладных и связных спутников универсального типа в 2000–2015 гг.

Концепция платформы отвечает современным требованиям многофункциональности космической техники, сокращения

сроков ее создания и снижения стоимости. Большое внимание уделено простоте изменения конфигурации платформы при переходе от одного проекта к другому. Соответствует темпам осуществления научными организациями исследовательских программ и период в 3–4 года между появлением идеи и получением результатов космического эксперимента. Кроме того, умеренная стоимость платформы позволяет увеличить количество выполняемых экспериментов. Спутник, созданный на базе платформы “Протей”, может быть выведен на орбиты высотой от 500 до 1500 км, оптимальные для исследований, дополняющих более крупные проекты. На платформе может быть размещено до 300 кг научной аппаратуры, при этом масса КА составит всего 500 кг. Бортовое запоминающее устройство способно хранить до 2 Гбит информации, а скорость передачи информации составит

613 кбит/с. Продолжительность функционирования КА – около 5 лет.

Предполагается использовать платформу “Протей” для астрофизических проектов “SAMBA” (исследование неоднородности космического излучения) и “COROT” (изучение звездной сейсмологии), а также проектов в области фундаментальной физики “STEP” (изучение принципа эквивалентности) и наук о Земле “TROPQUES” (изучение тропической зоны) и “IRSUTE” (температурные исследования в инфракрасном диапазоне).

Первый космический аппарат, созданный на базе платформы “Протей”, планируется запустить в мае-июне 2000 г. в рамках программы измерения высоты поверхности океанов (альтиметрия) “JASON”.

*По материалам CNES и
бюллетеня “Selection DERSI”.
1999, № 9*

Таблица запусков космических аппаратов в 1998 г.*

В 1998 г. состоялось **82 запуска** (из них 5 аварийных и 2 частично удачных) со **174 КА**, при этом в авариях утрачено 16 спутников и 7 выведено на нерасчетные орбиты. Космические аппараты принадлежали **26 государствам** (США – 53; РФ – 28; ФРГ – 3; Япония – 3; Бразилия, Израиль, Китай и Швеция – по 2; по одному – Австралия, Англия, Аргентина, Египет, Люксембург, Мексика, Норвегия, Сингапур, Тайвань, Тайланд, Франция, Чили) и международным организациям (“ESA”, “Eutelsat”, “Inmarsat”, “Intelsat”, “Iridium” и “Globalstar”). Запуски производились ракетами-носителями США, России, “Arianespace”, Китая, Японии, Израиля и КНДР. РН стартовали с космодромов: Канаверал (США, 23 запуска), Байконур (РФ, 17), Ванденберг (ВВС США, 11), Куру (ESA, 11), Плесецк (РФ, 7), Тайюань и Сичан (Китай, 4 и 2), Уоллопс (США, 2), Кагосима и Танегасима (Япония, 1 и 1), Пальмачим (Израиль, 1) и Мусудань (КНДР, 1).

США лидировали по количеству

запусков, как и в предыдущие годы, выполнив 36 стартов РН с 87 космическими аппаратами (в том числе 41 ИСЗ других стран и международных организаций). Два спутника потеряно при авариях РН “DELTA-3” и “Titan-4”.

Россия запустила 58 КА, из которых 31 – иностранного производства (из-за недостаточного финансирования национальной программы). Осуществлено 25 стартов РН, из них один аварийный (“Зенит-2”), и в одном спутники вышли на нерасчетные орбиты (“Циклон-3”). Впервые произведен запуск новой ракеты-носителя “Штиль-1” из акватории Баренцева моря. С орбитального комплекса “Мир” был запущен макет первого спутника, РС-1, для радиолобительской связи.

Третье место, как и в 1997 г., занимает международный западноевропейский консорциум “Arianespace” – состоялось 11 успешных запусков РН “Ariane”, в том числе третий испытательный полет нового носителя тяжелого класса “Ariane-5”. На расчетные орбиты выведено 15 спутников.

Из азиатских космических держав только **Китай** смог запустить на

* Продолжение. Начало см.: 1996, № 4; 1997, № 5; 1998, № 5.

околоземные орбиты 10 ИСЗ (включая 8 спутников других стран), причем среди них нет ни одного КА собственного производства. Два запуска осуществила **Япония**, в результате из трех КА один не вышел на расчетную орбиту. Старт израильской РН “Шавит” оказался аварийным (потерян один спутник). Первый испытательный запуск северокорейской ракеты “Тэпходон” также был неудачным. Первый спутник **КНДР** на околоземной орбите не обнаружен, тщетны были попытки принять и радиосигналы, поэтому ставится под сомнение его запуск.

На борту пилотируемого орбитального комплекса “**Мир**” работали 25-я и 26-я основные экспедиции (Земля и Вселенная, 1998, № 6; 1999, № 3). Вместе с четырьмя российскими космонавтами на станции работали двое американских и французский астронавты по программам NASA-7, -8 и “Пегас”. Выполнены две последние (8-я и 9-я) стыковки кораблей “**Спейс Шаттл**” с ОК “Мир” (станцию посетили 11 астронавтов США). Обслуживали станцию три грузовых корабля “Прогресс М-38–40”, доставляя на борт расходные материалы и оборудование. Состоялось пять пилотируемых полетов по программе “Спейс Шаттл” (**STS-88–91 и -95**) с 27 астронавтами США (из них 5 жен-

щин) и 6 астронавтами других стран (три из России и по одному из Испании, Канады и Японии) (Земля и Вселенная, 1999, № 4). Полет корабля “Индевор” (STS-88) проводился по программе стыковки с российским модулем “**Заря**” первого американского модуля “**Юнити**” Международной космической станции (МКС).

На межпланетные траектории полетов запущено **четыре АМС** (Земля и Вселенная, 1998, № 3; 1999, № 3). На геостационарную орбиту выведено **28 спутников связи**. По тематическим направлениям космические аппараты распределились следующим образом: связь – 115 (в том числе принадлежат международным консорциумам “Iridium” – 40 спутников, “Orbcomm” – 18 и “Globalstar” – 8), отработка новых технологий – 17, научные исследования – 9, навигация и геодезия – 6, дистанционное зондирование Земли – 5, метеорология – 1 и военного назначения – 18 (включая 13 российских, 4 американских и 1 английский). В числе военных спутников: 10 связных, 6 разведывательных и два, входящих в систему предупреждения о ракетном нападении.

В таблице представлены стартовые веса космических аппаратов и параметры окончательных (рабочих) орбит спутников.

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Накло- ние (град.)	Период обращения (мин)	№ коммен- тария
01А	7 января	"Lunar Prospector"	США	295	Канаверал	"Athena-2"	Переведена на окололунную орбиту	4,19	1426,8	1
02А	10 января	"Skynet-4D"	Англия	1510	Канаверал	"Delta-2"	35559х35651	—	—	2
—	22 января	"Ofeq-4"	Израиль	250	Пальмачим	"Shavit"	—	—	—	3
03А	23 января	"Endeavour-12"	США	114130	Канаверал	"STS-89"	379,1х385,6	51,66	92,14	4
04А	29 января	"Союз ТМ-27"	Россия	7050	Байконур	"Союз-У"	379,7х398,1	51,65	92,19	5
05А	29 января	USA-137	США	2500	Канаверал	"Атлас-2А"	1000х39500	63,4	720,7	6
06А	4 февраля	"Brasilsat-B3"	Бразилия	1780	Куру	"Ariane-44LP"	35780х35795	0,03	1436,14	7
06В	—	"Inmarsat-3" (F-5)	(США)	1986	—	—	35747х35826	2,80	1436,08	8
07А	10 февраля	"GFO"	США	347	Ванденберг	"Taurus"	780х878	107,99	101,49	9
07В-С	—	"Orbcomm FM3,4"	—	43х2	—	—	781х874	108,01	101,46	10
07D	—	"Celestis-2"	—	200	—	—	784х874,8	107,99	101,47	11
08А-D	14 февраля	"Globalstar FM1-4"	(США)	460х4	Канаверал	"Delta-2"	1244х1259	52,01	110,51	12
09А	17 февраля	"Космос-2349"	Россия	6700	Байконур	"Союз-У"	212х278	70,38	89,41	13
10А	18 февраля	"Iridium-52"	(США)	657	Ванденберг	"Delta-2"	723х726	86,46	99,28	14
10В-С	—	"Iridium-54, -56"	—	657х2	—	—	699х694	86,54	98,60	—
10D-E	—	"Iridium-50, -53"	—	657х2	—	—	774х780	86,40	100,39	—
11А	21 февраля	"Kakehashi" (COMETS)	Япония	3960	Танегасима	"H-2"	247х1883	30,04	106,51	15
12А-В	26 февраля	"SNOE", "Teledesic-1"	США	132,70	Ванденберг	"Pegasus-XL"	535х580	97,76	95,81	16,17
13А	27 февраля	"Hot Bird-4"	(США)	2885	Куру	"Ariane-42P"	35788х35789	0,05	1436,1	18
14А	28 февраля	"Intelsat-806"	(США)	3600	Канаверал	"Atlas-2AS"	35784х35790	0,1	1436,1	19
15А	14 марта	"Прогресс М-38"	Россия	7007	Байконур	"Союз-У"	376х383	51,66	92,14	20
16А	16 марта	USA-138	США	3020	Канаверал	"Atlas-2"	35478х36084	5,99	1435,79	21
17А	24 марта	"SPOT-4"	Франция	2755	Куру	"Ariane-40"	824х826	98,74	101,41	22
18А-В	25 марта	"Iridium-51, -61"	(США)	657х2	Тайвань	"CZ-2С"	775х780	86,42	100,39	14
19А-D	30 марта	"Iridium-55, -57 - 59"	(США)	657х4	Ванденберг	"Delta-2"	687х696	86,58	98,60	14
19E	—	"Iridium-60"	—	657	—	—	675х676	86,56	98,26	—
20А	2 апреля	"TRACE"	США	313	Ванденберг	"Pegasus-XL"	599х641	97,80	97,10	23
21А-G	7 апреля	"Iridium-62 - 68"	(США)	657х7	Байконур	"Протон-К"	775х779	86,39	100,39	14
22А	17 апреля	"Columbia-25"	США	105480	Канаверал	"STS-90"	257х286	39,01	89,95	24
23А-D	24 апреля	"Globalstar FM6, 8, 14, 15"	(США)	460х4	Канаверал	"Delta-2"	1258х1269	52,02	110,78	12
24А	28 апреля	"Nilesat-1"	Египет	1840	Куру	"Ariane-44P"	35773х35800	0,09	1436,1	25
24В	—	"BSAT-1B"	Япония	1230	—	—	35767х35804	0,21	1436,1	26
25А	29 апреля	"Космос-2350"	Россия	2500	Байконур	"Протон-К"	35742х35835	2,27	1436,2	27
26А-В	2 мая	"Iridium-69, -71"	(США)	657х2	Тайвань	"CZ-2С"	774х780	86,38	100,39	14
27А	7 мая	"Космос-2351"	Россия	1900	Плесецк	"Молния-М"	525х39829	62,96	717,76	28
28А	7 мая	"Echostar-4"	США	3374	Байконур	"Протон-К"	35778х35795	0,04	1436,1	29
29А	9 мая	USA-139	США	5700	Канаверал	"Titan-4В"	35700х35800	0,08	1440	30

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Накло- ние (град.)	Период обращения (мин)	№ коммен- тария
30А	13 мая	"NOAA-15"	США	2234	Ванденберг	"Titan-23G"	808×823	98,72	101,21	31
31А	14 мая	"Прогресс М-39"	Россия	7140	Байконур	"Союз-У"	371×393	51,65	91,81	20
32А-Е	17 мая	"Iridium-70, -72, -75"	(США)	657×5	Ванденберг	"Delta-2"	775×780	86,39	100,38	14
33А	30 мая	"Zhongwei-1"	Китай	2984	Сичан	"CZ-3В"	35761×84991	1,34	2860,72	32
34А	2 июня	"Discovery-24"	США	117860	Канаверал	"STS-91"	370×389	51,66	91,97	33
35А	10 июня	"Thor-3"	Норвегия	1467	Канаверал	"Delta-2"	35754×35819	0,14	1436,09	34
36А-В	15 июня	"Космос-2352, -2353"	Россия	230×2	Плесецк	"Циклон-3"	1310×1875	82,59	118,03	35
36С-Д	–	"Космос-2354, -2955"	–	230×2	–	–	1302×1868	82,58	117,87	–
36Е	–	"Космос-2356"	–	230	–	–	1298×1867	82,58	117,81	–
36F	–	"Космос-2357"	–	230	–	–	1294×1863	82,59	117,72	–
37А	18 июня	"Intelsat-805"	(США)	3524	Канаверал	"Atlas-2AS"	35768×35803	0,08	1436,02	19
38А	24 июня	"Космос-2358"	Россия	6600	Плесецк	"Союз-У"	178×359	89,54	89,54	36
39А	25 июня	"Космос-2359"	Россия	7100	Байконур	"Союз-У"	240×303	67,13	89,94	37
40А	1 июля	"Молния-3" (№ 49)	Россия	1750	Плесецк	"Молния-М"	432×39943	64,91	718,18	38
41А	3 июля	"Nozomi" (Planet-B)	Япония	541	Кагосима	"М-5"	Гелиоцентрическая орбита	62,78	–	39
42А-В	7 июля	"TUBSat-N, -N1"	ФРГ	8,5+3	Баренцево море	"Штиль-1"	401×777	78,92	96,45	40
43А	10 июля	"Ресурс-О1" (№ 4)	Россия	2800	Байконур	"Зенит-2"	819×825	98,80	101,3	41
43В-С	–	"FASat", "TMSat"	Чили, Таиланд	50×2	–	–	817×819	98,79	101,1	42, 43
43Д	–	"Gurwin" (Techsat-1B)	Израиль	48	–	–	810×824	98,80	101,2	44
43Е	–	"WESTPAC"	Австралия	23,5	–	–	809×825	98,80	101,3	45
43F	–	"SAFIR-2"	ФРГ	60	–	–	811×822	98,80	101,2	46
44А	18 июля	"Sinosat"	Китай	2840	Сичан	"CZ-3"	35785×35790	0,09	1436,14	47
45А	28 июля	"Космос-2360"	Россия	3250	Байконур	"Зенит-2"	848×854	71,02	101,95	48
46А-Д	2 августа	"Orbcomm FM-17-20"	(США)	43×4	Уоллпс	"Pegasus-XL"	813×826	45,01	101,28	10
46Е-Н	–	"Orbcomm FM-13-16"	–	43×4	–	–	816×828	45,03	101,34	–
–	12 августа	"Mercury F3"	США	4500	Канаверал	"Titan-4A"	–	–	–	49
47А	13 августа	"Союз ТМ-28"	Россия	7000	Байконур	"Союз-У"	370×386	51,65	91,86	50
48А-В	19 августа	"Iridium-3, -76"	(США)	657×2	Тайюань	"CZ-2С"	776×780	86,39	100,41	14
49А	25 августа	"ST-1"	Сингапур, Тайвань	3255	Куру	"Ariane-44P"	35545×35816	0,04	1430,67	51
–	27 августа	"Galaxy-10"	США	3876	Канаверал	"Delta-3"	–	–	–	52
50А	30 августа	"Astra-2A"	Люксембург	3635	Байконур	"Протон-К"	35447×35679	0,32	1424,7	53
–	31 августа	"Kwangmyongsong-1"	КНДР	<10?	Мусудань	"Taepo Dong"	–	–	–	54
51А	8 сентября	"Iridium-82"	(США)	657	Ванденберг	"Delta-2"	703×707	86,52	98,87	14
51В-С	–	"Iridium-81, -80"	–	657×2	–	–	776×779	86,40	100,40	–
51D-E	–	"Iridium-79, -77"	–	657×2	–	–	704×708	86,52	98,90	–
–	9 сентября	"Globastar FM5, 7, 9-13, 16-18, 20, 21"	(США)	460×12	Байконур	"Зенит-2"	–	–	–	12
52А	16 сентября	"PanAmSat-7"	США	3840	Куру	"Ariane-44LP"	35776×35897	0,05	1438,66	55

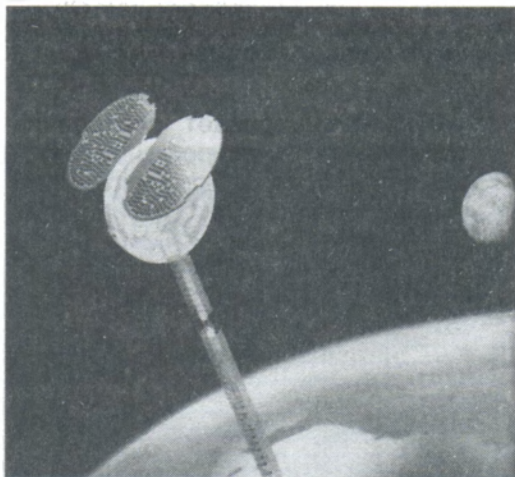
№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Накло- ние (град.)	Период обращения (мин)	№ коммен- тария
53A-D	23 сентября	"Orbcomm FM21-24"	(США)	43×4	Уоллос	"Pegasus-XL"	811×821	45,02	101,22	10
53E-H	—	"Orbcomm FM25-28"	—	43×4	—	—	809×819	45,01	101,17	—
54A	28 сентября	"Молния-1Т" (№ 91)	Россия	1650	Плесецк	"Молния-M"	420×40657	62,82	732,47	56
55C	3 октября	USA-141 ("STEX")	США	592	Ванденберг	"Taurus"	735×767	84,99	99,90	57
55A	16 января 1999 г.	"ATEX"	—	82	"STEX"	—	738×765	84,99	99,89	58
56A	5 октября	"Eutelsat W2"	(Франция)	2950	Куру	"Ariane-44L"	35766×35808	0,05	1436,12	59
56B	—	"Sirius-3"	Швеция	1420	—	—	35777×35797	0,11	1436,13	60
57A	9 октября	"Hot Bird-5"	(США)	2995	Канаверал	"Atlas-2A"	35782×35791	0,04	1436,10	18
58A	20 октября	USA-140	США	3208	Канаверал	"Atlas-2A"	34810×36767	6,05	1436,19	21
—	21 октября	"ARD"	ESA	2800	Куру	"Ariane-503"	5×848	5,75	93,10	61
59A	—	"MaqSat-3"	—	2730	—	—	1003×35494	6,99	641,01	62
60A	23 октября	"SCD-2" (Frei B. de Gustao)	Бразилия	117,5	Канаверал	"Pegasus"	744×768	25,00	99,94	63
61A	24 октября	"Deep Space-1"	США	486	Канаверал	"Delta-2"	—	Гелиоцентрическая орбита		64
61B	—	"SEDSat-1"	—	39	—	—	548,3×1073,1	31,44	100,96	65
62A	25 октября	"Прогресс M-40"	Россия	7280	Байконур	"Союз-У"	359×372,5	51,66	91,67	20
62C	10 ноября	"Спутник-41" (RS-18)	РФ, Франция	3,5	ОК "Мир"	—	344×359,7	51,66	91,52	66
63A	28 октября	"Aristar"	США	2740	Куру	"Ariane-44L"	35604×35742	0,06	1430,31	67
63B	—	"GE-5"	—	1760	—	—	35526×35861	0,04	1431,35	68
64A	29 октября	"Discovery-25"	США	103973	Канаверал	"STS-95"	552×561	28,47	95,79	69
64B	30 октября	"Pansat"	—	70	"Discovery"	—	554×558	28,47	95,78	70
64C	1 ноября	"Spartan-201" (№ 5)	—	1269	—	—	550×560	28,47	95,75	71
65A	4 ноября	"PAS-8"	США	3830	Байконур	"Протон-K"	35600×36075	0,34	1438,7	55
66A-E	6 ноября	"Iridium-2, 83-86"	(США)	657×5	Ванденберг	"Delta-2"	776×780	86,4	100,4	14
67A	20 ноября	"Заря" (ФГБ)	Россия, США	20264	Байконур	"Протон-K"	388×401	51,61	92,44	72
68A	22 ноября	"Волит-1"	Россия	1425	Канаверал	"Delta-2"	3779×35797	0,07	1436,17	73
69A	4 декабря	"Endeavour-13"	США	109700	Канаверал	"STS-88"	391×396	51,61	92,35	74
69B	14 декабря	"SAC-A"	Аргентина	268	"Endeavour"	—	387×396	51,57	92,32	75
69C	15 декабря	"MightySat-1"	США	320	—	—	386×395	51,56	92,29	76
69F	13 декабря	"Unity" + PMA-1/2	—	12800	—	—	391×396	51,61	92,35	74
70A	6 декабря	"Satmex-5"	Мексика	4135	Куру	"Ariane-421"	35771×35805	0,07	1436,17	77
71A	6 декабря	"SWAS"	США	283	Ванденберг	"Pegasus-XL"	637×653	69,90	97,62	78
72A	10 декабря	"Надежда" (№ 5)	Россия	825	Плесецк	"Космос-3М"	996×1026	82,95	105,07	79
72B	—	"Astrid-2"	Швеция	30	—	—	986×1004	82,95	105,08	80
73A	11 декабря	"Mars Climate Orbiter"	США	634	Канаверал	"Delta-2"	Гелиоцентрическая орбита		98,76	81
74A-B	19 декабря	"Iridium-11A, -20A"	(США)	657×2	Тайюань	"CZ-2C"				14
75A	22 декабря	"PAS-6B"	США	3600	Куру	"Ariane-42L"	35777×35798	0,06	1436,14	55
76A	24 декабря	"Космос-2361"	Россия	795	Плесецк	"Космос-3М"	989×1026	82,94	104,98	82
77A-C	30 декабря	"Космос-2362-2364"	Россия	1450×3	Байконур	"Протон-K"	19119×19133	64,82	675,6	83

КОММЕНТАРИИ К ТАБЛИЦЕ

1. АМС "Лунар Проспектор" запущена новой ракетой-носителем "Афина" (LMLV-2). Станция вышла на окололунную полярную орбиту 15 января 1998 г., выполнив в течение 1,5 лет исследования поверхности Луны с помощью 6 научных приборов. 31 июля 1999 г. сошла с орбиты и упала на Луну.
2. Военный спутник для обеспечения стратегической связи армии, ВМФ и ВВС Великобритании. Размещен в точке 53° в.д.
3. Четвертый израильский КА – разведывательный спутник оптико-электронного наблюдения. Потерян в результате аварии РН.
4. 8-я стыковка кораблей "Спейс Шаттл" с российским ОК "Мир". Экипаж КК "Индевор" состоял из 7 астронавтов, в том числе российского. На станцию доставлен астронавт Э. Томас (программа NASA-7) для проведения длительной экспедиции в составе ЭО-24/25. За 9 сут выполнено 28 экспериментов в лабораторном модуле "Спейсхэб". КК возвратил на Землю после 128 сут полета (ЭО-24) астронавта Д. Вулфа, результаты экспериментов и приборы. Посадка состоялась 31 января.
5. 25-я основная экспедиция на ОК "Мир" по программам "Мир-NASA" и "Пегас" (Франция). Французский астронавт Л. Эйартц за 21 сут провел исследования и 19 февраля вместе с экипажем ЭО-24 на КК "Союз ТМ-26" вернулся на Землю. Длительность полета А.Я. Соловьева и П.В. Виноградова (ЭО-24) – 198 сут, они выполнили более 150 экспериментов и 7 выходов в открытый космос.
6. Экспериментальный КА "Capricorn" ("Козерог"), запущенный с программой испытания аппаратуры инфракрасного наблюдения наземных объектов и комплекса приборов радиоэлектронной разведки в интересах Национального разведывательного управления США.
7. Пятый геостационарный спутник связи (изготовлен американской компанией "Hughes Space & Communications") для

телевещания и передачи другой информации на территорию Бразилии, Уругвая, Парагвая, Чили и Аргентины. Размещен в точке 65° з.д.

8. Пятый (последний) из серии спутников международной организации морской спутниковой коммуникации "Инмарсат" предназначен для передачи информации на все континенты с помощью мобильной связи. Занял место в точке 24,6° в.д.
9. Геодезический спутник ВМФ США "Geosat Follow-On" (GFO) для постоянного наблюдения акватории океана и радиолокационного измерения его уровня (спутниковая альтиметрия). КА работает в интересах не только ВМФ, но и NASA, Национального управления по океанам и атмосфере (NOAA).
10. Завершение создания низкоорбитальной спутниковой системы из 28 ИСЗ международного консорциума



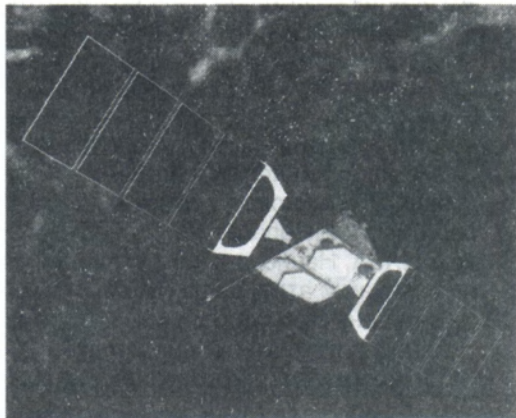
Микроспутник связи "Orbcomm" (№ 7B-C, 46A-H и 53A-H). После выхода на орбиту на антенной системе раскрываются две панели солнечных батарей

"Orbcomm Global" (США, Канада и Малайзия). Передача алфавитно-цифровой информации и определение положения мобильных наземных объектов для коммерческих структур (транспорт, нефтегазовая и оборонная промышленность).

11. Контейнер коммерческой компании "Celestis Inc." с капсулами праха 30 человек (дополнительная нагрузка

на третьей ступени РН). Второе за-
хоронение в космосе, проведенное
этой компанией.

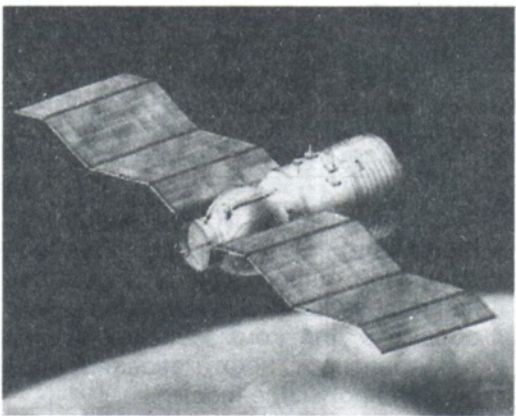
12. Начало развертывания системы
персональной спутниковой связи
“Globalstar” (“Глобальная звезда”),
принадлежащей одноименному ме-
ждународному консорциуму. Систе-



*Спутник “Globalstar” (№ 8A-D и 23A-D), входящий в
глобальную систему персональной связи*

ма предусматривает построение
орбитальной группировки из 56 КА
в 8 рабочих плоскостях. Наземный
сегмент системы состоит из более
50 приемных станций. При запуске
9 сентября на 282-й с полета вы-
полнен аварийный подрыв РН, и 12
КА были потеряны.

13. КА дистанционного зондирования



*Российский военный космический аппарат “Комета”
(№ 9A) для дистанционного зондирования Земли*

Земли “Комета” (№ 19) запущен в
интересах Министерства обороны
РФ, Росавиакосмоса и межотрасле-
вой ассоциации “Совинформспут-
ник”. По заказу нескольких амери-
канских компаний выполнен проект
SPIN-2 – съемка территории США
фотокамерами KBP-1000 (камера
высокого разрешения – до 2 м) и
ТК-350 (топографическая камера
для стереоскопической съемки) с
разрешением до 2 м) для составле-
ния тематических и цифровых гео-
графических карт. Капсула с фото-
пленкой возвращена 2 апреля.

14. Завершено создание системы спут-
никовой связи (запущено 88 КА) ме-
ждународного консорциума “Iridium
LLC”, включающего 17 компаний из 8
стран, в том числе России. Система
обеспечивает глобальную персо-



*Система спутниковой связи международного кон-
сорциума “Iridium LLC”*

нальную телефонную, телефаксную
и пейджинговую связь. Орбитальная
группировка состоит из 72 КА, распо-
ложенных в шести плоскостях.

15. Экспериментальный КА “COMETS”
(спутник для испытания техники свя-
зи и радиовещания) разработан
NASDA с целью проверки перспек-
тивных технологий спутниковой свя-
зи и телевещания. ИСЗ “Kakehashi”
(“Висячий мост”) оказался на нерас-
четной орбите из-за отказа двигате-
ля верхней ступени РН. Спутник по
измененной программе провел экспе-
рименты с ранее запущенными КА
“ADEOS” и “ETS-7”.

16. Исследовательский спутник создан на средства NASA в Университете Колорадо в г. Боулдер (США), предназначен для изучения влияния Солнца и магнитосферы Земли на плотность окиси азота в термосфере. На КА установлено три научных прибора. Первый ИСЗ "SNOE" (Student Nitric Oxide Explorer – студенческий исследователь окиси азота) запущен в рамках программы содействия учебным космическим проектам.
17. Первый экспериментальный КА "Batsat" (Broadband Advanced Technology Satellite – спутник перспективной широкополосной технологии) для отработки спутниковой системы "Teledesic" высокоскоростного доступа пользователей в Internet одноименной американской компании. Система дешевой связи, эквивалентной по пропускной способности (до 10 Мбит/с) наземным волоконно-оптическим линиям.
18. Геостационарные спутники связи (№ 13А и 57А) европейской организации телекоммуникаций "Eutelsat". Предназначены осуществлять телевидение в цифровой (160 каналов) и аналоговой (40 каналов) формах на все страны Европы. Выведены в точку "стояния" 13° в.д.
19. Очередные ИСЗ связи нового поколения международной организации телекоммуникационных спутников "Intelsat" (ITSO). Обеспечивают передачу телепрограмм (до 70 каналов) и телефонную связь (до 22500 каналов) странам-участницам консорциума в Европе, Африке и Латинской Америке. Спутники размещены в точках 40,5° з.д. (№ 14А) и 55,5° з.д. (№ 37А).
20. Транспортные грузовые корабли (ТГК) для доставки на ОК "Мир" расходующихся материалов (вода, питание, топливо), научных приборов и сменяемых систем по обеспечению длительной работы экипажей. ТГК (№ 62А) доставил на станцию макет первого спутника, ПС-1 (№ 62С), и оборудование для эксперимента "Знамя-2.5" с пленочным отражателем света (неудачно выполнен 4 февраля 1999 г.). Корабли сошли с орбиты: 16 мая (№ 15А), 29 октября (№ 31А) и 5 февраля 1999 г. (№ 62А).
21. 8-й и 9-й военные спутники "UFO" второго поколения, предназначенные для обеспечения глобальной связи (39 каналов) ВМФ США с наземными объектами. Орбитальная группировка системы "Ultra High Frequency Follow-On" (сверхвысоко-частотная связь с судами) состоит из 9 КА, находящихся в четырех местах геостационарной орбиты. Выведены в точки 188° в.д. (№ 16А) и 174° з.д. (№ 58А).
22. Французский КА дистанционного зондирования Земли (CNES) снабжен двумя фотокамерами для многогоспектральной съемки земной поверхности. Спутник входит в систему изучения и контроля природных ресурсов Земли, осуществляет картографирование территорий, экологический мониторинг.
23. КА для изучения Солнца (Transition Region and Coronal Explorer – исследователь переходной зоны и коро-



Американский научный спутник "TRACE" (№ 20А) для исследования Солнца

- ны) запущен на солнечно-синхронную орбиту. Снабжен ультрафиолетовым телескопом для наблюдения солнечной атмосферы.
24. 25-й полет корабля "Колумбия" (STS-90) с 7 астронавтами, включая представителя Канады. За 16 сут экипаж выполнил 26 экспериментов в лаборатории "Нейролаб" (последний полет европейского модуля "Спейс-

лэб") по изучению мозга и нервной системы человека и животных. Посадка КК состоялась 3 мая.

25. Первый спутник, изготовленный по заказу африканской страны – Египта. КА создан на французской фирме "Matra Marconi Space" и предназначен для непосредственного телевидения в цифровой форме (84 теле- и 400 радиоканалов) на большинство арабских стран (от Марокко до Ирана). Размещен в точке 7° в.д.

26. Геостационарный спутник связи принадлежит японской фирме "Broadcasting Satellite System Corp." (B-SAT). Изготовлен американской компанией "Hughes Space & Communications". КА обеспечивает непосредственное телевидение на территорию Японии. Выведен в точку "стояния" 110° в.д.

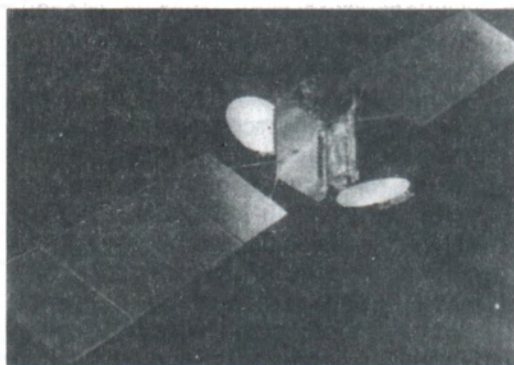
27. 4-й спутник второго поколения системы предупреждения о ракетном нападении, способен обнаруживать запуски баллистических ракет на территории США и Мирового океана по инфракрасному излучению работающих двигателей. Перемещен в точку 80° в.д. Вышел из строя 6 июля.

28. 79-й военный КА типа "Око" системы предупреждения о ракетном нападении первого эшелона, обеспечивает наблюдение за районами базирования американских МБР.

29. Очередной спутник связи непосредственного телевидения американской компании "EchoStar Communications", обслуживающего сеть Network (200 каналов цифрового телевидения, аудио- и информационных передач) на территории США. Запущен в рабочую точку 148° з.д.

30. Секретный военный спутник радиоэлектронной разведки под кодовым названием "Advanced ORION". КА этого типа оснащаются параболической антенной диаметром около 130 м. Вероятная точка размещения – 82° в.д.

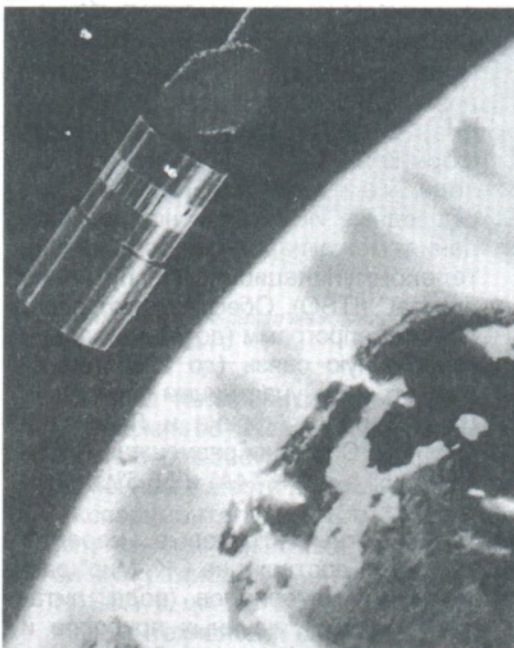
31. Метеорологический спутник запущен на солнечно-синхронную орбиту в интересах NOAA и службы экологической информации США. Входит в международную систему поиска и спасения терпящих бедствие



Китайский геостационарный спутник связи "Chinastar-1" (№ 33A), запущенный новой китайской РН тяжелого класса

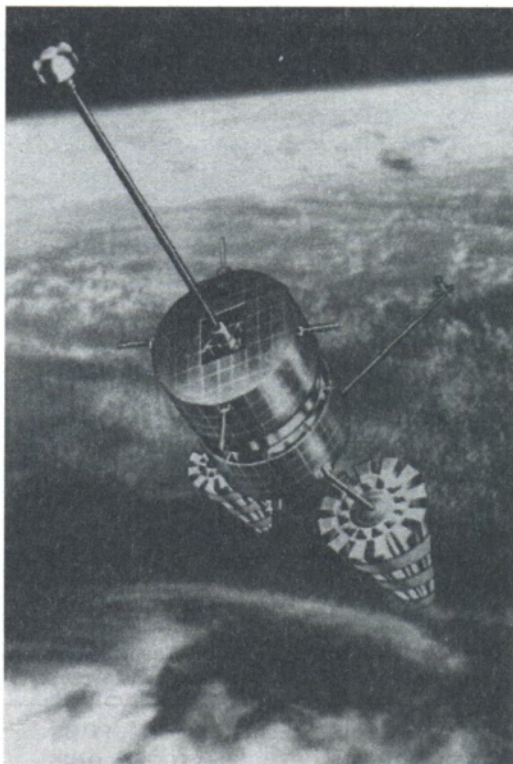
кораблей и самолетов "КОС-ПАС-SARSAT".

32. Геостационарный спутник связи и телевидения "Чжонвей-1" ("Chinastar-1", "Китайская звезда") принадлежит



Норвежский телекоммуникационный спутник "Thor-3" (№ 35A), обслуживающий Скандинавские страны

китайской компании "China Orient Telecom Satellite", изготовлен амери-



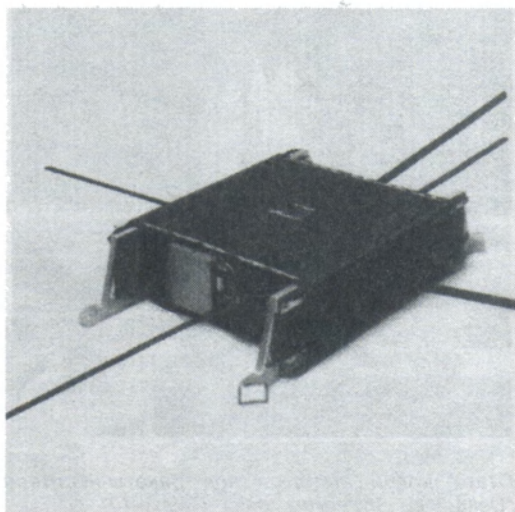
Спутники "Стрела-3" (№ 36А-Е) обеспечивают закрытыми каналами связи российское разведывательное управление ФСБ

канской фирмой "Lockheed Martin". КА обслуживает всю территорию Китая и страны юго-восточной Азии. Расчетный срок работы – 15 лет в точке 87,5° в.д.

33. Последняя (9-я) стыковка кораблей "Спейс Шаттл" с ОК "Мир". Экипаж КК "Дискавери" (программа STS-91) состоял из 6 астронавтов, включая российского. В течение 10 сут проведено 23 совместных эксперимента на станции и в лабораторном модуле "Спейсхэб". Астронавт Э. Томас после 141 сут полета на "Мире" возвратился на Землю с экипажем КК 12 июня.
34. Спутник непосредственного телевидения (70 каналов) обеспечивает ретрансляцию на Северную и Центральную Европу. Размещен на стационарной орбите в точке 0,8° з.д.
35. Спутники вышли на нерасчетные орбиты. Военные КА "Стрела-3"

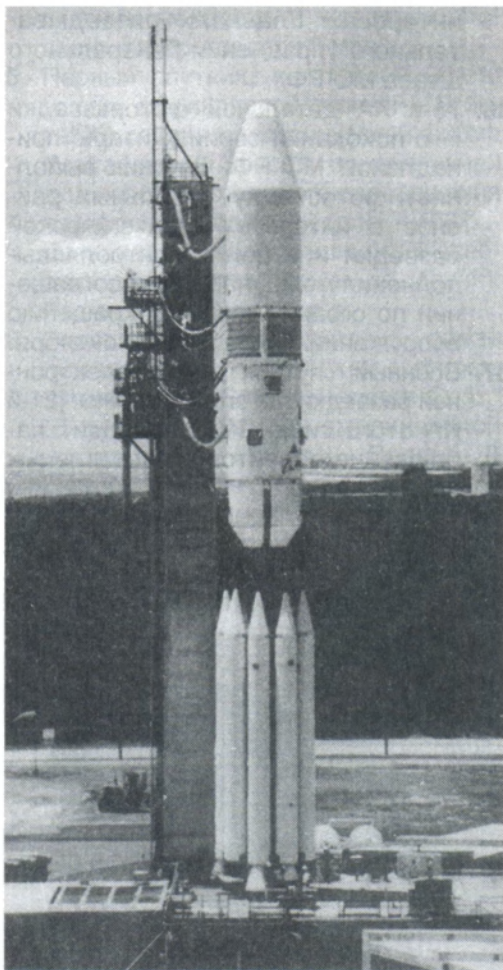
служат для специальной связи в интересах Главного разведывательного управления Генерального штаба МО РФ.

36. 75-й КА детальной фоторазведки 4-го поколения серии "Янтарь" принадлежит МО РФ. Спутник выполняет фотосъемку отдельных районов в интересах стратегической разведки и в целях контроля выполнения международных соглашений по ограничению и сокращению вооружений. Посадка – 22 октября.
37. Военный спутник оптико-электронной разведки пятого поколения (21-й КА этого типа). ИСЗ проводит наблюдение объектов в оперативных целях МО РФ.

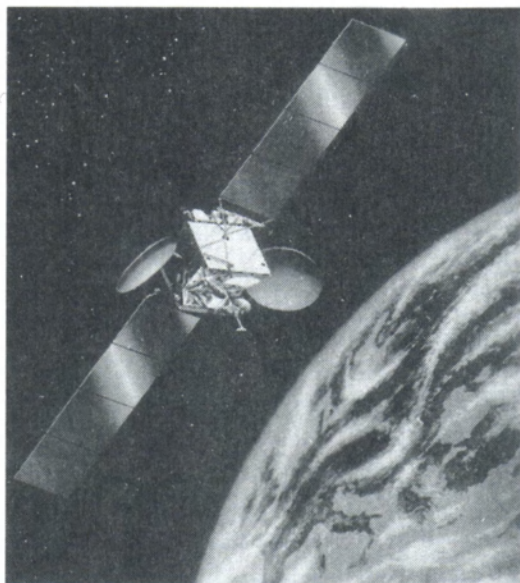


Немецкие экспериментальные микроспутники "TUBSat" (42А-В), запущенные российской РН "Штиль-1" с подводной лодки

38. 49-й спутник "Молния-3" входит в систему обеспечения телефонно-телеграфной связи, передачи программ телевидения на приемные пункты сети "Орбита" и экстренной связи между президентами России и США.
39. Первый японский КА для изучения Марса. АМС "Нодзоми" ("Надежда") запущена на орбиту ИСЗ, после гравитационных маневров около Луны 20 декабря перешла на межпланетную траекторию полета. Планиро-



Старт новой американской ракеты-носителя "Delta-3" со спутником связи "Galaxy-10"

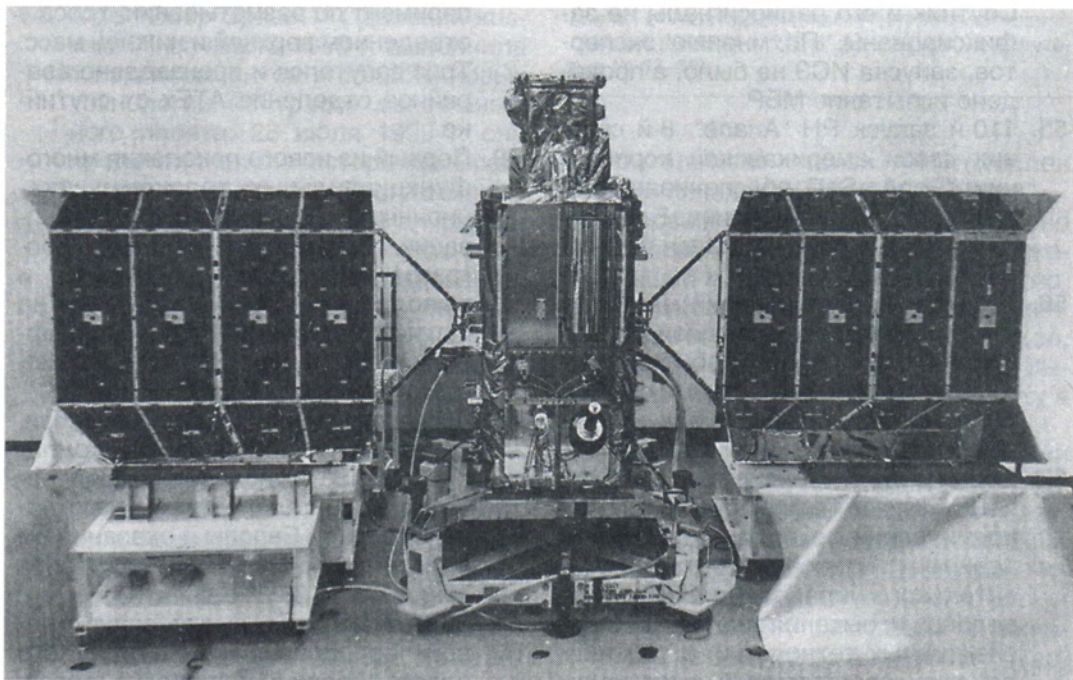


Спутник связи "Astra-2A" (№ 50A) запущен на геостационарную орбиту российской РН "Протон"

- валось в октябре 1999 г. вывести станцию на орбиту Марса. Из-за неудачного маневра около Земли АМС вынуждена еще раз сблизиться с Землей в июне 2003 г., а на марсианскую орбиту выйти в декабре 2003 г. На станции установлены 10 научных приборов.
40. Первый запуск РН с подводной лодки, находящейся в Баренцевом море. Наноспутники связи (малые габариты и масса) разработаны в Берлинском техническом университете для сбора информации о состоянии окружающей среды и с радиобуев.

41. 4-й КА оперативного дистанционного зондирования Земли, входящий в систему изучения и контроля природных ресурсов, экологического мониторинга.
42. Научный микроспутник для слежения за состоянием озонового слоя над территорией Чили.
43. Первый тайландский ИСЗ. Экспериментальный микроспутник для многозональной съемки земной поверхности и отработки систем связи.
44. Второй израильский микроспутник серии многофункциональных КА: проведение экспериментов в области дистанционного зондирования Земли, связи, астрономии и геофизики.
45. Австралийско-российский геодезический микроспутник с лазерными уголковыми отражателями для изучения его движения в околоземном космическом пространстве.
46. Малый ИСЗ связи входит в создаваемую систему передачи сообщений.
47. Первый спутник связи, изготовленный французской фирмой "Aerospaciale" по заказу китайской компании

- “Sino Satellite Communications” (Sinoposat). Размещен в точке 110,5° в.д.
48. 22-й запуск военного КА радиоэлектронной разведки типа “Целина-2”. Входит в систему радиопрослушивания всей территории планеты в интересах Главного разведывательного управления Министерства обороны России.
 49. Спутник радиоэлектронной разведки третьего поколения типа “VORTEX-2” предназначался для прослушивания сетей военной и правительственной связи. При запуске из-за аварии (на 42-й с) РН была подорвана, и КА потерян.
 50. 26-я основная экспедиция на ОК “Мир”. Экипаж Г.И. Падалка и С.В. Авдеев выполнили около 200 экспериментов и два выхода в открытый космос. В течение 12-сут полета космонавт-исследователь Ю.М. Батурин провел 16 экспериментов. Длительность полета Г.И. Падалки – 199 сут. Приземление КК – 28 февраля 1999 г. С.В. Авдеев продолжил работу на станции в составе ЭО-27.
 51. Первый сингапурско-тайваньский спутник связи изготовлен британской компанией “Matra Marconi Space”. ИСЗ обслуживает страны юго-восточной Азии и Индию. Передает телепрограммы в сети индивидуального пользования и кабельного вещания, а также осуществляет телефонную и мультимедийную связь. Расчетный срок работы – 12 лет в точке “стояния” 88° в.д.
 52. Первый запуск новой РН закончился аварией на 72-й с, и КА был потерян. Геостационарный спутник связи корпорации “PanAmSat” для передачи программ кабельного телевидения на территорию США, страны Центральной и Южной Америки. ИСЗ предполагалось разместить в точке 123° з.д.
 53. 7-й спутник непосредственного телевидения (аналоговые и цифровые каналы), принадлежащий компании Люксембурга, создан американской фирмой “Hughes Space & Communications”. Расчетный срок эксплуатации – 15 лет в точке 28,2° в.д.
 54. Вероятный запуск первого спутника КНДР. Как объявила североко-



Экспериментальный КА “STEX” (№ 55C) с тросовой системой “ATEX” (№ 55A), находящейся в верхней части корпуса спутника (см. комментарий 58)

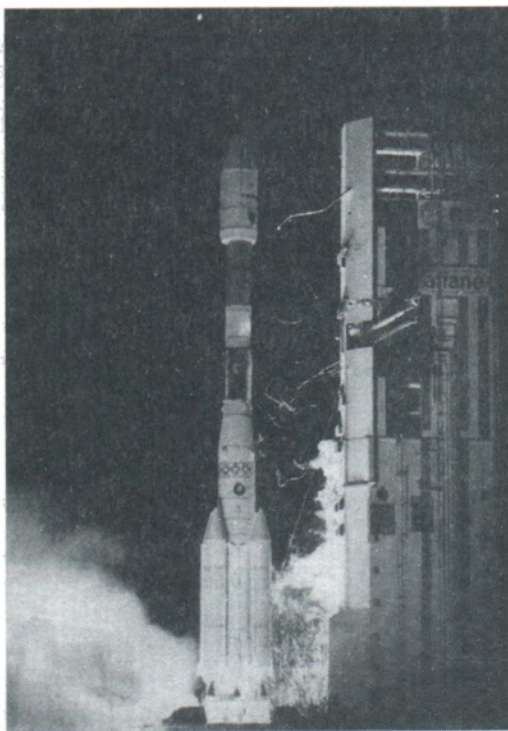


Вход в атмосферу, спуск на парашютах и приводнение возвращаемой капсулы "ARD" (ESA)

- рейская информационная служба, старт осуществлен трехступенчатой РН, и микроспутник "Квант-1" ("Яркая звезда") вышел на орбиту с параметрами: высота $218,82 \times 6978,2$ км, наклонение 41° и период обращения 165 мин 06 с. Спутник и его радиосигналы не зафиксированы. По мнению экспертов, запуск ИСЗ не было, а проведено испытание МБР.
55. 110-й запуск РН "Ariane". 8-й спутник связи американской корпорации "PanAmSat" обеспечивает вещание на страны Африки, Ближнего Востока и Азии. Выведен в точку 166° в.д.
 56. 22-й спутник этой серии входит в систему специальной связи на высокоэллиптических орбитах. Используется министерствами связи и обороны, правительственными учреждениями России.
 57. Военный экспериментальный КА "STEX" (Space Technology Experiment – космический технологический эксперимент) Национального разведывательного управления США. Проведены испытания более 20 перспективных технологий, в том числе электрореактивной двигательной установки и тросовой системы АТех (в ходе полета отделилась).
 58. Тросовая система АТех (перспективный тросовый эксперимент), в составе КА "STEX" (№ 55С), включала в себя две концевые массы, соединенные полиэтиленовой лентой длиной 6172 м и толщиной 0,127 мм. 16 января 1999 г. проведен эксперимент по разматыванию троса с отведением верхней и нижней масс. Трос запутался и произведено аварийное отделение АТех от спутника.
 59. Первый из нового поколения многофункциональных телекоммуникационных ИСЗ европейской организации "Eutelsat" для передачи программ цифрового телевидения и выполнения других услуг связи на территорию Европы, Северной Африки и Ближнего Востока. Размещен в точке "стояния" 16° в.д.
 60. 4-й геостационарный спутник связи, принадлежащий шведской компании "NSAB", используется для ретрансляции телепрограмм на страны Северной Европы и оказания им мультимедийных услуг. На орбите занял место $28,2^\circ$ в.д.
 61. Третий испытательный запуск новой европейской РН тяжелого класса "Ariane-5" с двумя КА (капсула и № 59А). После достижения орбиты капсула отделилась от РН и

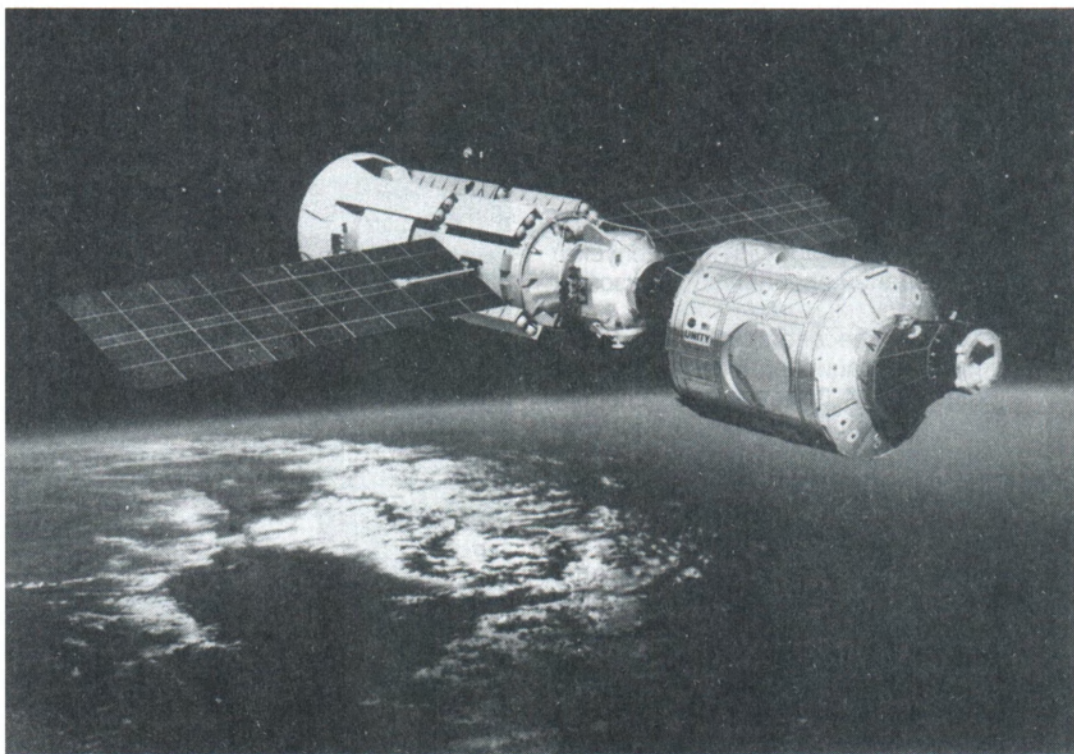
совершила управляемый спуск в атмосфере с приводнением в Тихом океане. Успешный демонстрационный полет возвращаемой капсулы "ARD" (Atmospheric Re-entry Demonstrator – демонстратор входа в атмосферу) в целях проверки новых технологий (аэродинамики, теплозащиты, систем навигации, управления и парашютного спуска) при создании европейских грузовых и пилотируемых КК.

62. Габаритно-весовой макет европейского геостационарного ИСЗ связи "Eutelsat W1". Демонстрация способности РН запускать КА на переходную к геостационарной орбиту.
63. Спутник запущен РН с самолета-носителя над Атлантическим океаном. КА "Брат Бартоломеу де Гусмао" (назван в честь изобретателя, создавшего в 1709 г. модель воздушного шара) разработан Институтом космических исследований Бразилии. Осуществляет прием и ретрансляцию данных с бразильских метеостанций, расположенных в бассейне реки Амазонки.
64. АМС "Deep Space-1" ("Дальний космос-1") до марта 1999 г. выполнила 12 экспериментов в области новых технологий на трассе межпланетного полета. 28 июля 1999 г. она пролетела около астероида Брайля, передав снимки. Программа завершена в сентябре 1999 г. Предполагается в 2001 г. сближение с кометой Боррелли и ее исследование.
65. Микроспутник "SEDSat-1" (Students for the Exploration and Development of Space – студенты за исследование и использование космоса) создан в Университете Алабамы в Хантсвилле. На нем установлены две телефотокамеры для съемки Земли и атмосферы, радилюбительское оборудование.
66. Микроспутник "Спутник-41" (радилюбительское обозначение – RS-18) запущен космонавтом С.В. Авдеевым во время выхода из станции "Мир" в открытый космос. КА представляет собой макет первого ИСЗ и используется для радиоло-



Запуск 28 октября западноевропейской РН "Ariane-4" с геостационарными спутниками связи "Afristar" (№ 63A) и "GE-5" (№ 63B) (см. комментарии № 67–68)

- бительской связи. Изготовлен школьниками России и Франции.
67. Первый ИСЗ корпорации "World Space" ("Всемирный космос"), входящий в одноименную систему глобального цифрового радиовещания. Она состоит из трех спутников, обеспечивающих 216 каналов. Выведен на геостационарную орбиту в точку 21° в.д.
68. Коммерческий спутник компании "GE American Communications" используется для телефонной связи, телевидения и передачи сообщений в пределах США и Канады. Помещен в точку 79° з.д.
69. 25-й полет КК "Дискавери" с экипажем из 6 человек, в их числе 7-й астронавт ESA, 3-й астронавт Японии и 1-й астронавт США (77-летний Д. Гленн). В ходе 9-сут полета в лабо-



раторном модуле “Спейсхэб” экипажем выполнено 83 эксперимента и запущены в космос 2 ИСЗ (№ 64В-С). Посадка корабля – 7 ноября.

70. Малый радиолобительский спутник ВМФ США для учебно-тренировочных задач.
71. Пятый полет возвращаемого на Землю спутника для изучения солнечного ветра и короны Солнца. Запущен 1 ноября. После проведения исследований возвращен обратно в корабль 3 ноября.
72. Первый элемент МКС – функционально-грузовой модуль “Заря” (Россия–США), входит в российский сегмент (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Модуль состоит из трех герметичных отсеков (внутренний объем 71,5 м³) и адаптера. Служит для поддержания орбиты и управления ориентацией, стыковки пилотируемых и грузовых КК, хранения топлива и расходных материалов, обмена информации между МКС и Землей.
73. Спутник непосредственного теле-

Полет на околоземной орбите связки из двух модулей Международной космической станции – российского “Заря” (№ 67А) и американского “Unity” (№ 69F)(см. комментарий № 74)

- вещания для передачи программ “НТВ-Плюс” (до 50 каналов) на европейскую часть России. Принадлежит одноименной российской компании. Расположен на геостационарной орбите в точке 36° в.д.
74. Первый пилотируемый полет на МКС. 13-й запуск КК “Индевор” (STS-88). Экипаж состоял из 6 астронавтов, включая российского. В ходе 12-сут полета с борта корабля запущены два ИСЗ (№ 69В-С). 7 декабря проведена стыковка американского узлового модуля “Юнити” (“Единство”, Node-1), имеющего два адаптера со стыковочными узлами (№ 69F) к российскому блоку “Заря” (№ 67А). Во время трех выходов в открытый космос астронавты выполнили монтажные работы. Посадка корабля состоялась 16 декабря.

75. Научно-прикладной ИСЗ оснащен навигационной системой, магнитометром и аппаратурой для изучения перемещения китов у берегов Аргентины.
76. Исследовательский спутник BBC США для отработки новых систем. Проведены технологические эксперименты.
77. Спутник связи, принадлежащий мексиканской компании "Satellites Mexicanos" осуществляет непосредственное телевидение, телефонную связь, дистанционное обучение и медицинское обслуживание. Выведен в точку 116,8° з.д.
78. Запущен с самолета-носителя над Тихим океаном. Малый астрономический спутник для изучения химического состава межзвездных облаков и механизмов образования из них звезд и планет. На КА установлен субмиллиметровый (кассетно-реновский) телескоп с комплектом детекторов для наблюдения молекулярных и газопылевых облаков.
79. 5-й навигационный спутник, входящий в две космические системы – российскую "Цикада" (военного и гражданского применения) и международную "КОСПАС/SARSAT" (поиск и спасение терпящих аварию судов и самолетов). Системы позволяют пользователям, оснащенным радиобуями, определять свое местонахождение с точностью до 80 м. В случае аварийных ситуаций сигналы ретранслируются на наземные приемные станции, и данные передаются в службы спасения.
80. 2-й шведский научный ИСЗ (4 научных прибора) предназначен для исследования заряженных частиц и полей в ионосфере Земли. Назван в честь детской писательницы Астрид Линдгрен.
81. АМС для изучения полярных шапок и климатических условий на Марсе с орбиты его искусственного спутника. На станции размещены два научных прибора. Программа исследований была рассчитана на 4,5 года. 23 сентября 1999 г. из-за ошибки в выполнении коррекции полета станция после тормозного маневра вошла в атмосферу планеты и прекратила существование.
82. Военный навигационный спутник, входящий в орбитальную систему "Парус". Служит для приема-передачи сообщений и определяет местоположение судов ВМФ РФ в любой точке акватории океана.
83. Военные навигационные спутники входят в космическую систему "ГЛОНАСС" (глобальная навигационная спутниковая система), состоящую из 24 КА, обращающихся в трех орбитальных плоскостях. Система обеспечивает высокоточное определение местоположения объектов и их привязку к шкале единого времени.

(По материалам NASA, ESA, DASA и CNES, бюллетеня "COSPAR" и журналов "Spaceflight", "Flieger Revue" и "Новости космонавтики" за 1998-99 гг.)

С.А. ГЕРАСЮТИН

Везувий еще напомнит о себе

Извержение Везувия в 79 г. уничтожило почти всех жителей процветавших до того городов Помпеи и Геркуланум. В настоящее время вблизи вулкана проживает около 1 млн человек. Между тем геофизики опасаются, что Везувий еще может напомнить о своем существовании. За последние 19 тыс. лет произошло семь его извержений того же (плинианского) типа, к которому относят и погубившее



Спутниковое изображение Неаполитанского залива, о. Искья, Флегрейских Полей, Кампанской долины и вулканического конуса Везувия



Извержение Везувия стромболинского типа в 1794 г.

Помпею. Все они начинались мощным взрывом, сопровождавшимся выбросом в воздух огромных масс пепла и пыли.

За время, истекшее с “последнего дня Помпеи”, посередине образовавшегося при взрыве кратера возник новый конус изверженных пород – гора Сомма. Здесь происходят извержения стромболианского типа, названного так по имени вулканического острова в Тирренском море. Они случаются чаще, чем плинианские, но менее опасны: взрывов нет, лишь выбрасываются высокие фонтаны лавы и текут ее потоки. С 1631 по 1944 г. отмечено всего 18 таких извержений.

Сейчас вулкан вроде бы спокоен, только струи дыма время от времени вырываются из его вершинного кратера. Однако столь долгий – более полувековой – период покоя может предшествовать извержению плинианского типа. Чтобы подтвердить это, геофизики, участвующие в международном проекте “TOMOVES” (“Vesuvius tomography experiment” – “Эксперимент по томографии Везувия”), постоянно проводят глубинную сейсмическую съемку: нужно выяснить, не образуется ли в земной коре под вулканом скопление магмы.

Science 1999, 286, 1685

Информация

Вода в метеорите

22 марта 1998 г. рядом с городом Монаханс (США, штат Техас) упал метеорит. Не прошло и двух суток, как первый из обломков небесного камня попал в лабораторию Космического центра NASA.

Там установили, что метеорит относится к самому распространенному классу – хондритов. Сюрпризы начались, когда метеорит раскололи ударом молотка. Внутри оказались кристаллы хлоридов: натрия (поваренная соль) и калия (калийная соль). Более того, в кристаллах содержалась вода – в виде густого рассола, в котором кроме ионов калия, натрия и хлора находились двухвалентные катионы железа, магния и кальция.

Это первый случай обнаружения воды в каменных метеоритах. Ученые давно считали, что первичное вещество, из которого формировались тела Солнечной системы, содержало воду. Поскольку хондриты остаются почти неизменными с тех далеких времен, присутствие воды в метеорите Монаханс подтверждает это предположение.

Science, 1999, 285, 1364, 1377

Дорогие читатели!
Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по “Объединенному каталогу
Роспечати” (II полугодие 2000 года) во всех
отделениях связи. Подписной индекс – 70336

Информация

Газогидраты Мирового океана – причина потепления?

Донные осадки Мирового океана хранят в себе огромные количества горючих углеводородов, в основном метана в газогидратных соединениях, т.е. в твердом виде. Однако добывать газогидраты со дна океана очень сложно, поскольку для них характерно рассеянное за-

легание в морских осадках. Это установлено при бурении дна на подводном хребте Блейк-Ридж у Атлантического побережья США, проведенном недавно в ходе 164-го рейса научного судна “Джойдес Резолюшн”.

Эксперименты показали, что гидрат метана, обладая высокой (в 10 раз выше, чем у обычного льда) механической прочностью при температуре 260 К, с уменьшением давления начинает диссоциировать. Образующаяся смесь рыхлых осадочных пород, воды и газа создает угрозу массивных подводных оползней, опасных для морских буровых установок и

кабелей, проложенных по дну.

Американские гляциологи предполагают, что, когда около 18 тыс. лет назад уровень Мирового океана в результате накопления льда на суше понизился примерно на 120 м, резко упало гидростатическое давление и огромные массы метана высвободились из океана. За этим последовало глобальное потепление, вызвавшее, возможно, отступление ледников. Не исключено, что к столь же серьезным последствиям приведет и добыча газогидратов на дне океана.

Science 1999, **285**, 273

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ		70336 (индекс издания)																															
	на рецензу журнал		Количество комплектов																															
	Земля и Вселенная (наименование издания)		на _____ год по месяцам:																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																							
Куда _____ (почтовый индекс)		_____ (адрес)																																
Кому _____ (фамилия, имя и отчество)																																		
		ДОСТАВочная КАРточка																																
		70336 (индекс издания)																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>пв</td><td>место</td><td>ли-тер</td> </tr> </table>		пв	место	ли-тер																												
		пв	место	ли-тер																														
		на рецензу журнал																																
		Земля и Вселенная (наименование издания)																																
на _____ год по месяцам:																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12													<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Стои-мость</td><td>подписки</td><td>_____ руб. _____ коп.</td><td rowspan="2">Количество комплектов</td> </tr> <tr> <td></td><td>пере-адресовки</td><td>_____ руб. _____ коп.</td> </tr> </table>		Стои-мость	подписки	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов		пере-адресовки	_____ руб. _____ коп.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																							
Стои-мость	подписки	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов																															
	пере-адресовки	_____ руб. _____ коп.																																
Куда _____		_____ (адрес)																																
Кому _____ (фамилия, имя и отчество)																																		

Заведующая редакцией Г.В. Матросова. **Зав. отделом наук о Земле** В.А. Маркин.
Зав. отделом астрономии В.А. Юревич. **Зав. отделом космонавтики** С.А. Герасютин.

Художественные редакторы М.С. Вьюшина, О.Н. Никитина.

Литературный редактор О.Н. Фролова.

Мл. редактор Л.В. Рябцева

Корректоры: В.А. Ермолаева, Л.М. Федорова

Номер оформили: Р.В. Ермакова, Е.Е. Барк, Ю.А. Тюришев

Обложку оформила М.С. Вьюшина

Сдано в набор 07.03.2000 Подписано в печать 13.04.2000 Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆

Офсетная печать Уч.-изд. л. 12,1 Усл.печ. л. 9,1 Усл. кр.-отт. 9,7 Бум. л. 3,5

Тираж 1037 экз. Заказ № 3469

Свидетельство о регистрации № 2119 от 28.06.91

Учредители: Президиум РАН, Астрономо-геодезическое общество (АГО)
при РАН, Академиздатцентр "Наука"

Адрес издателя: 117864 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 117810 Москва, Мароновский пер., д. 26

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Отпечатано в ППП "Типография "Наука"; 121099 Москва, Шубинский пер., д. 6



